

FERNANDO FISCHER

**EFICIÊNCIA DOS MODELOS POLINOMIAIS E DAS RAZÕES DE VOLUME NA
ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DOS SORTIMENTOS E DO PERFIL DO FUSTE DE**

Pinus taeda

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras - UFLA, como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. JOSÉ ROBERTO S. SCOLFORO

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1997**

FERNANDO FISCHER

**EFICIÊNCIA DOS MODELOS POLINOMIAIS E DAS RAZÕES DE VOLUME NA
ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DOS SORTIMENTOS E DO PERFIL DO FUSTE DE
*Pinus taeda***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras - UFLA, como parte das exigências do curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 05 de setembro de 1997

Prof. Sebastião do Amaral Machado

Prof. Antônio Donizette de Oliveira

**Prof José Roberto Soares Scolforo
(Orientador)**

A Deus, presente em todos os momentos da minha vida.

Ao meus pais, Edgard Fischer e Maria Helena Fischer,
pelos exemplos, esforços, dedicação e sacrifício para
formação de seus filhos.

DEDICO

Ao meu irmão:

Edward Fischer e Esposa

a minha namorada

Váleria H. Nakamura

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em particular ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor José Roberto Scolforo, pelos ensinamentos, dedicação e, principalmente, pelo exemplo de profissionalismo, que possibilitaram a realização deste trabalho.

Aos Professores Daniel Furtado, José Marcio de Mello e Sebastião do Amaral Machado, pela co-orientação, suporte e conselhos, para o desenvolvimento deste trabalho.

A Empresa Papel Impresa S/A (PISA), pelos concessão dos dados.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação, em especial, ao Eugênio, Akira, Alexandre, Fred, Sebastião, Beto, Fausto, Múcio, Aguinaldo, Jorge, Fábio, Marcos, Arimura, pela amizade e convívio durante o decorrer deste curso.

Aos graduandos Rykio Kawai, Daniel Soares, Henrique Candido, pela amizade e convívio, e ao Rubens e Thais Cunha, bolsistas de iniciação científica do CNPq, pela prestimosa ajuda na execução deste trabalho.

Aos funcionários da Secretária de Pós Graduação e Biblioteca, em especial a Liliam, Terezinha, Paulo e Vânia.

A Maria Aparecida Rossi pela ajuda e, principalmente, pela amizade.

A todos que de uma forma ou outra, contribuíram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

FERNANDO FISCHER, filho de Edgard Fischer e Maria Helena Fischer, nasceu em 22 de outubro de 1970, no município de São Paulo, estado de São Paulo.

Em 1989, iniciou o curso de Engenharia Florestal na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, graduando-se em 1994.

Em março de 1995, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Lavras, defendendo a dissertação em setembro de 1997.

**Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da Biblioteca
Central da UFLA**

Fischer, Fernando

Eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil do fuste de *Pinus taeda* / Fernando Fischer. -

- Lavras : UFLA, 1997

167 p. : il.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. *Pinus taeda* 2. Modelos não segmentados. 3. Múltiplos produtos
4. Sortimentos. 5. Dendrometria. 6. Razão de volume. 7. Fuste - Perfil.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD- 634.9751285

1 INTRODUÇÃO

O estudo de sortimentos de povoamentos de florestas de produção é uma das ferramentas importantes no planejamento da utilização dos recursos florestais e na avaliação do manejo empregado, permitindo quantificar a matéria-prima, classificando-a de acordo com as dimensões e qualidade, para os múltiplos usos da madeira.

As florestas de *Pinus* sp têm sido manejadas para a produção de celulose, madeira serrada, madeira laminada e madeira livre de nós, implicando numa maior remuneração da floresta, devido ao melhor aproveitamento de cada árvore.

A obtenção dos múltiplos produtos pode ser viabilizada através das equações de afilamento que, por integração, resultam na estimativa do seu volume total, sendo este o caso dos polinômios segmentados e os não segmentados. Outra opção é fazer uso das razões de volume compatíveis com as funções de forma. O uso direto das funções de afilamento permite ainda descrever o perfil do tronco ao longo da árvore.

Um problema ainda não equacionado em estudos sobre a forma da árvore diz respeito aos estratos em que se deve amostrar para proceder ao posterior ajuste das funções de afilamento ou razões de volume. Ainda não há estudos que indiquem se os ajustes têm que ser realizados por sítio ou região, e qual o efeito deste ajuste na precisão das estimativas dos diferentes sortimentos.

Assim, este trabalho teve como objetivos, testar diferentes opções para expressar o perfil do tronco e quantificar os diferentes produtos para *Pinus taeda* na região nordeste do estado do Paraná e verificar o efeito da classe diamétrica, do sítio e das diferentes regiões, no desempenho das equações de afilamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Larson (1963) e Finger et al. (1995), dentre outros, afirmam que as variações na forma de um fuste são decorrentes do tamanho da copa, hereditariedade, espaçamento, tratamentos culturais, posição sociológica, idade, sítio, e poda. De maneira geral, as árvores não apresentam uma forma homogênea, mas assumem diversas formas geométricas.

Ao estudar a importância dos fatores ambientais na forma do fuste das árvores em *Pinus banksiana*, Moris e Forslund (1992) identificaram três categorias (competição, microsítio e clima), determinantes na obtenção da forma do fuste. Observaram ainda que a idade teve importância relevante na forma do fuste. Na mesma linha, Muhairwe (1994) estudou a influência do sítio, densidade e idade, na forma das árvores de *Pinus contorta* var. *latifolia* e, para isso, utilizou os expoentes de forma apresentados em Husch, Miller e Beers (1982). Em sua conclusão afirma que as variáveis estudadas têm influência significativa na forma do fuste.

Os estudos sobre a forma do tronco, com espécies e procedências de *Pinus* e *Eucalyptus* realizados por Guimarães (1982), mostram que a forma do fuste de uma espécie é afetada pelo espaçamento utilizado enquanto que o local causa pouca ou nenhuma influência.

Do ponto de vista geométrico, a forma da árvore não se identifica com um sólido geométrico específico, mas com vários, considerados uma seqüência como sendo: cilindro, tronco de neilóide, tronco de parabolóide e cone, no sentido base-topo, sendo que os limites entre estes diferentes sólidos geométricos ao longo da árvore são de difícil determinação (Loetsch, Zoher, Haller, 1973).

Entre as alternativas existentes para representar a forma da árvore, a mais difundida é a equação de afilamento. Segundo Ahrens e Holbert (1981), uma função de

afilamento ou “taper” é uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Assumindo-se que a seção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, o seu volume pode ser obtido por integração daquela função e assim, em termos geométricos, o tronco é tratado como um sólido de revolução. Uma vez definido um modelo matemático para forma, pode-se determinar o volume de madeira entre quaisquer pontos ao longo do tronco. Desta maneira, a natureza do algoritmo viabiliza a obtenção das estimativas de volumes necessárias à multiplicidade de usos da madeira.

Os primeiros trabalhos com equações de afilamento foram os de Höjer (1903); Jonson (1911); Behre (1923); L. Tirén (1922); W. Hohenald (1924); H. Petterson (1926); C.E. Behre (1927); I. Heijbel (1928); H.E. Wolff V. Wulting (1930, 1933); V.Edgren e P.Nylinder (1949); Prodan (1965); Kozak, Munro e Smith (1969), citados em Loestch, Zoher e Haller (1973).

Na década de 70 e 80 foram desenvolvidos os modelos de afilamento baseados em razões de volume como os de Demaerschalk (1972); Cao, Burkhart e Max (1980), Clutter (1980), Amateis e Burkhart (1987), dentre outros.

Demaerchalk (1973) definiu que um sistema forma-volume é compatível quando o volume total obtido pela integração da função é idêntico àquele obtido pela equação de volume ou então quando volumes parciais de n seções obtidas pela equação de forma, somados, resultam no volume estimado pela equação de volume. Ainda segundo o mesmo autor, a vantagem principal de um sistema compatível é que o volume quantificado, quando somado, resulta em um valor idêntico ao volume normalmente analisado na amostragem.

Uma terceira modalidade de modelos são os polinomiais segmentados como descrito por Max e Burkhart (1976) e Liu (1980), dentre outros.

2.1 Modelos polinomiais (não segmentados)

Segundo Silva (1982), a maioria dos esforços desenvolvidos para definir a forma do tronco das árvores procura demonstrar como obter diâmetros a partir das alturas relativas. O autor estudou a eficiência das funções de forma para povoamentos de *Pinus taeda*, *Picea excelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestris*, tendo como variáveis o diâmetro à altura do peito (D), a altura total (H) e o diâmetro (d_i), tomados ao longo do tronco nas alturas relativas (h_i), proporcionaram resultados precisos com a equação $(d_i/D)^2 = a_0 + a_1 (h_i/H) + a_2 (h_i/H)^2$, exceto para a espécie *Pinus taeda* que foi melhor ajustada pelo modelo $\ln (h_i-1,3)/(H-1,3) = b_1 \ln (D-d_i)/D + b_2 [\ln(D-d_i)/D]^2$.

Gordon (1983), estudando a representação da forma de *Larix decidua* e *Pinus radiata*, propôs a utilização do seguinte modelo para estimar diâmetros a qualquer altura:

$$d_i^2 = V/KH (b_1 Z + b_2 Z^2 + b_3 Z^3 + b_4 Z^4 + b_5 Z^5 + b_6 Z^P)$$

onde:

d_i = diâmetro sem casca a qualquer altura;

V = volume total estimado sem casca;

$K = \pi / 40,000$

$Z = (Ht-h)/Ht$

H = altura total;

h_i = altura comercial;

Na verdade, este é o polinômio de 5º grau utilizado por Goulding e Murray (1975), apenas acrescido de um termo de potência mais alta, onde o expoente P assume valores inteiros de 8 a 40. Este modelo foi testado com 2, 3, 4, 5 e 6 termos. Depois de analisados quanto ao ajuste e precisão, foram selecionados os modelos que envolviam os seguintes expoentes:

- 1, 2, 3, 4 e 20 para *Larix decidua*;
- 1, 2, 5 e 16 para *Pinus radiata*.

Quando comparados ao polinômio do 5º grau original, pode-se concluir que os últimos modelos elaborados forneciam melhores estimativas, tanto do diâmetro a uma altura qualquer como dos volumes comerciais e de toras, apesar de apresentarem ainda uma ligeira tendenciosidade na estimativa dos diâmetros que variava com altura relativa.

Schneider (1986), estudando a representação matemática da forma de *Pinus elliotti*, testou seis modelos matemáticos, dentre os quais o polinômio do 5º grau apresentou melhores medidas de precisão e estimativas mais precisas, tanto para os sortimentos como para o perfil do fuste. Com isso, este modelo foi ajustado por estrato e classe de diâmetro, em intervalo de 10 cm. Observou-se um aumento na precisão desta equação.

Hradetzky (1976) afirma que a equação de uso mais corrente para descrever a forma do fuste é a função polinomial. O polinômio de quinto grau aproxima-se relativamente bem da forma do fuste, excetuando-se a forma das porções inferiores de certas espécies, conforme constatado por Schoepfer e Prodan (1971) citados em Rosot (1989). Essa deficiência foi atribuída ao fato de haver mais irregularidades e sinuosidades nesta parte do tronco do que nas porções superiores. Para eliminá-las, foi sugerida a utilização de potências fracionárias em conjunto com potências inteiras, gerando equações cujos estimadores de ajuste e precisão foram bastante superiores aos obtidos por modelos que empregam apenas expoentes inteiros.

No Brasil, Rosot (1989) estudou a metodologia de Hradetzky, obtendo resultados satisfatórios e confirmando que os polinômios de potências fracionárias explicavam melhor a base da árvore que os polinômios de potências inteiras.

Thomas, Parresol e Lê (1995) usaram equações trigonométricas originárias de equações de afilamento, para descrever o perfil de *Pinus palustris*, tendo, a obtenção do volume, ocorrido por integração destas equações trigonométricas. Verificaram, ainda, que os resultados não foram satisfatórios, sendo necessário realizar algumas modificações no manejo dos dados.

Gál e Bella (1994) estudaram, para oito espécies, o desempenho das funções de afilamento propostas por Demaerschalk e Kozak (1977), Kozak (1988) e Hilt (1980), para estimativa dos sortimentos. Como resultados, observaram que a equação de afilamento mais eficiente foi a de Kozak (1988) citado em Gál e Bella (1994), através da análise do erro padrão médio e do desvio dos volumes estimados.

Trincado, Gadow e Tewari (1996) estudaram o desempenho das funções de afilamento propostas por Kozak, Munro e Smith (1969), Demaerschalk (1973) e a função modificada de Brink (1995), para estimar o perfil do tronco de **Quercus robus**, constatando que os diâmetros foram ligeiramente superestimados até menos de 40% da altura e ligeiramente subestimados acima de 40% da altura. Similares observações foram encontrados em Kozak, Munro e Smith (1969), Max e Burkhart (1976) e Biging (1984), os quais observaram, ainda, que o modelo modificado de Brink (1995), citado por Trincado, Gadow e Tewari (1996), obteve um desempenho superior aos demais, suficientemente flexível para descrever o perfil das árvores.

Guimarães e Leite (1992) apresentaram um modelo não linear com o propósito de estimar as variações de diâmetro ao longo do perfil do tronco cuja integral fornece o volume para *Eucalyptus* sp. O modelo fornece estimativas precisas, tanto para os diâmetros como para os volumes. Segundo os autores, os modelos não lineares constituem uma técnica eficiente para descrever o perfil das árvores, empregando um número reduzido de coeficientes.

Mctague, Batista e Steiner (1989) trabalharam com três espécies de *Eucalyptus*: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, obtendo, como resultado, a constatação de que os modelos modificados de Omerod são muito superiores para estimar a forma do tronco e altura comercial do que a razão de volume de Amateis e Burkhart (1987). Porém, estes modelos não são recomendados para estimar alturas abaixo de 1,30 metros.

Schneider et al. (1996) testaram seis polinômios, nos quais os diâmetros relativos (d_i/D) foram a variável dependente e as variáveis independentes foram as alturas relativas (h_i/H), estas elevadas a diversas potências inteiras. A conclusão foi de que o polinômio do 5º grau foi o modelo que apresentou os melhores parâmetros estatísticos e propiciou as melhores estimativas dos sortimentos de *Eucalyptus grandis*.

Matney (1992) desenvolveu um trabalho com oito espécies, construindo equações de afilamento para estimar os diâmetros com e sem casca ao longo do fuste e a sua compatibilidade na obtenção dos volumes. O resultado foi que as equações de afilamento desenvolvidas tiveram pequenos erros padrões e estimativas precisas do perfil.

Finger et al. (1995) estudaram seis modelos pré-estabelecidos, nos quais a variável dependente era (d_i/D) e as variáveis independentes (h_i/H). Posteriormente, realizou estudos de modelagem através do procedimento “Stepwise”, visando obter novas funções para descrever o perfil do tronco para cada árvore-amostra. Através da análise, os autores observaram que os melhores modelos foram $d_i/D = b_0 + b_1 (h_i/(H-1,3))$ e $d_i/D = b_0 + b_1 (h_i/H) + b_2 (h_i/H)^2 + b_3 (h_i/H)^3$. Entretanto, a estimativa dos novos coeficientes para os dois modelos não foram consistentes, impossibilitando o seu emprego. Não foi possível descrever a associação dos coeficientes de regressão gerados para cada uma das árvores cubadas com variáveis

dendrométricas de fácil medição como o DAP e a altura total da árvore, sendo necessário o uso dos coeficientes médios de regressão para descrever a sua forma.

Kahler (1993) estudou três espécies, *Pinus elliotti* Engelm, *Quercus phellus* L., *Liquidambar styraciflua* L., testando 27 equações de afilamento para descrever o perfil do fuste e a estimativa do volume dos sortimentos. Através dos parâmetros estatísticos, determinou que o modelo que melhor se ajustava ao conjunto de dados foi o de Thomas e Parresol (1991), onde $(d_i/D)^2 = a ((h_i/H)-1) + b \text{ sen } (2 \pi (h_i/H)) + c \text{ cotan } (\pi (h_i/H)/2)$.

2.2 Modelos segmentados

Um dos primeiros trabalhos realizados nos Estados Unidos utilizando modelos segmentados para representar o perfil do fuste das árvores foi realizado por Max e Burkhart (1976). Eles utilizaram a técnica da regressão segmentada, ou seja, cada parte do tronco foi representada por uma função polinomial. Nessa técnica, a curva de cada segmento é gerada pelo método dos mínimos quadrados e os pontos de cada ligação entre cada segmento são necessariamente sem ruptura ou harmonizados.

Muitos outros modelos segmentados foram desenvolvidos ou testados, como em Goulding, (1977); Clark, Souter e Schlaegel, (1991); Lahtinen (1988, 1993); Flewelling (1993); Kozak e Smith (1993), entre outros. Liu (1980) afirma que a mais racional aproximação para expressar o perfil do tronco é produzida pela técnica numérica capaz de assumir várias formas funcionais, dependendo da distribuição dos pontos medidos. E acrescenta que tal técnica pode ser desenvolvida pelo uso da aproximação spline cúbica.

O mesmo autor utilizou funções cúbicas para representar o perfil do tronco das árvores. As curvas neste caso são geradas por aproximação numérica que garante a passagem da curva por todos os pontos utilizados.

O mesmo autor enfatizou que os procedimentos numéricos tradicionais na análise de tronco com frequência falham na estimativa do comportamento do crescimento em altura. Ele utilizou a spline cúbica natural para estudar o incremento em altura. Em 26 árvores de *Liriodendron tulipifera* L., medindo para cada árvore, os raios em 14 posições ao longo do tronco. A spline cúbica natural também foi utilizada para retratar os perfis dos troncos, obtendo-se estimativas acuradas, tanto para o volume total como para os volumes parciais, com erros médios em torno de 1,5%.

Saborowski, Sloboda e Junge (1981), citados por Kichener et al. (1989), utilizaram spline cúbica para expressar o perfil de árvores e tentaram a redução do número de pontos a serem medidos ao longo do tronco, como forma de obter um número mínimo de medições que torne viável a aplicação dessa técnica em árvores em pé.

Smaltschinski (1983) citado por Kichener et al.(1989) também utilizou a interpolação spline cúbica para expressar a forma do tronco de árvores, estabelecendo que para uma boa representatividade de todo perfil, seriam necessárias medições em seis pontos ao longo do tronco. Escolheu o DAP, o $d_{0,1h}$ e a altura total como pontos básicos e procedeu testes, a fim de identificar as demais posições realizando várias combinações. A melhor delas foi aquela em que usou as medições a 0,2h; 0,5h e 0,74h, com erros inferiores a 1,5% no volume e 3% na estimativa dos diâmetros ao longo do fuste.

Maguire e Batista (1996) trabalharam com Douglas-fir com o objetivo de representar o perfil do alburno. Os modelos testados foram: Bennett-Swindell (1972), o

polinomial segmentado quadrático Walters-Hann(1986) e Max-Burkhart (1976), o polinomial segmentado cúbico Walters-Hann(1986) e Max-Burkhart (1976), o de expoente variável Kozak (1988) e o modelo trigonométrico de Thomas-Parresol (1991). Todos os modelos são apresentados no trabalho destes autores e apresentaram boa performance, com destaque para o modelo de Kozak (1988).

Flewelling e Raynes (1993), estudando a representação matemática do perfil do tronco de *Tsuga heterophylla*, dividiram o tronco das árvores em três segmentos. Cada segmento teve uma única equação de afilamento e um ajuste para cada intervalo, com resultados próximos do real.

Modelos segmentados não têm sido muito usados para representar os perfis das árvores e estimar os seus volumes comerciais e totais, no Brasil. Contudo, Kirchner et al. (1989), Figueiredo-Filho et al. (1992) e Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996b) têm usado spline cúbica para modelar a forma do tronco. Kirchner et al. (1989) aplicaram a função spline cúbica para representar o perfil do fuste e estimar volume de *Pinus elliotti*, procedimento que apresentou-se eficiente na descrição do perfil do fuste e nos volumes obtidos por integração, parciais ou totais.

Figueiredo-Filho, Borders e Hitch (1996b) estudaram a aplicação da spline cúbica para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. Foram utilizadas várias combinações e números de pontos interpolados para verificar o número de pontos ideais ao longo do fuste. Neste caso, o fuste é dividido em subintervalos e cada um deles é representado por uma função linear cúbica. A união destes polinômios se dá por aproximação numérica, transformando-os numa função contínua. Verificou que mais ou menos 10 pontos foram ideais para estimar o perfil do fuste e o volume comercial.

Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996a) utilizaram cinco modelos para estudar a forma da árvore de *Pinus taeda*, dois deles não segmentados que são: a) Kozak, Munro e Smith (1969) citado pelos autores b) o Polinômio do 5º grau e três modelos segmentados, respectivamente de Max e Burkhart (1976), Parresol, Hotvedt e Cao (1987), Clark, Souter e Schlaegel (1991), que podem ser verificados no trabalho. O modelo de Max e Burkhart (1976) propiciou resultados eficientes enquanto os modelos de Parresol, Hotvedt e Cao (1987) e Clark, Souter e Schlaegel (1991) mostraram-se muito promissores. Através de análises verificou-se que o modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991) apresentou melhor performance para descrever o perfil da árvore e estimar o seu volume, enquanto que os demais apresentaram bom desempenho, excetuando o modelo de Kozak, Muro e Smith (1969), na porção inferior do tronco, abaixo de 30% da altura da árvore.

Segundo Pellico Neto (1994), um novo conceito sobre curvas de forma foi introduzido por Preussner em 1974, cujo processo constitui em subdividir a curva de forma em quatro partes distintas, sendo cada uma delas equacionada com uma parábola.

Segundo o mesmo autor, o método de Preussner é muito preciso e mantém esta precisão de mais ou menos 1% ao longo de todo o fuste. Além disso, devido a sua simplicidade, torna-se fácil obter “x” em função de “y” ou $x = f(y)$ como $y = f(x)$, complicador em outros métodos ou modelos.

2.3 Razão de volume

Existem vários estudos utilizando razão de volume para estimar o perfil da árvore e o volume comercial, como os trabalhos de Munro e Demaerschalk (1974), Demaerschalk (1972), Cao, Burkhart, Max (1980), Clutter (1980), Amateis e Burkhart (1987), Bailey (1994), Broad e Wake (1995), dentre outros.

Demaerschalk (1972) considera que estimativas compatíveis de volume são obtidas ao se converter uma equação de volume numa função que represente o perfil do fuste. Dessa forma, a exatidão das estimativas volumétricas obtidas da equação de taper depende do grau de exatidão proporcionado pela equação de volume. Clutter (1980) utilizou uma equação de volume pressupondo que qualquer equação de volume comercial de topo variável implicitamente define uma associada função de forma.

Amateis e Burkhart (1987) apresentaram dois modelos para estimar volume total e comercial: um em função da altura total e comercial e outro em função do diâmetro à altura do peito e comercial. Os modelos podem ser usados para derivar indiretamente duas funções implícitas de forma de tronco que propiciam estimativas do diâmetro a qualquer altura e vice-versa. As vantagens desses modelos é que a mesma equação pode ser utilizada para determinar o volume disponível para qualquer diâmetro superior desejado.

Bailey (1994) examinou o modelo de Schumacher e Hall (1933) e derivou equações de afilamento para *Pinus elliottii*, tendo observado resultados eficientes na estimativa dos volumes e diâmetros na parte superior do tronco, quando comparou-o com o trabalho de McTague e Bailey (1987) citado por Bailey (1994).

Leite, Guimarães e Campos (1995), estudando a forma de *Pinus oocarpa*, desenvolveram um modelo volumétrico a partir da transformação do modelo de Schumacher e

Hall, gerando um modelo único para estimar volume total e comercial, com e sem casca, mantendo a propriedade de compatibilidade entre volume total e as demais partes componentes do mesmo. O resultado deste modelo único foi comparado com o obtido pela razão volumétrica desenvolvida por Honner (1967) citado pelos autores, concluindo que o modelo estima com precisão os volumes totais e comerciais para diferentes diâmetros comerciais, de maneira simples e compatível.

Campos e Ribeiro (1982) ajustaram a equação de afilamento de Kozak (1968) e a de Demaerschalk (1972) para estimar os sortimentos de *Pinus patula*. Como resultados, eles obtiveram que o modelo de Demaerschalk (1972) propiciou estimativas dos sortimentos mais próximas do real, além de uma estimativa precisa do perfil do fuste, exceto na porção inferior do tronco.

Figueiredo Filho et al. (1993) utilizaram a metodologia desenvolvida por Demaerschalk (1973), que é sistema compatível volume-forma a partir da equação de volume de Spurr e da equação de volume de Schumacher para *Pinus elliotti*. Os resultados mostraram-se eficientes e compatíveis para as estimativas dos sortimentos e do perfil do fuste das árvores.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA ESTIMAR VOLUMES DE MÚLTIPLOS PRODUTOS DA MADEIRA DE *Pinus taeda*

RESUMO

FISCHER, Fernando. **Avaliação das equações de afilamento para estimar volumes de múltiplos produtos da madeira de *Pinus taeda*. In: - Eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil do fuste de *Pinus taeda*.** Lavras: UFLA, 1997. Cap.1. 167p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)

O presente trabalho surgiu da constatação da necessidade de analisar novas metodologias e também de melhor conhecer o impacto de alguns fatores que podem influir no ajuste das funções de afilamento. Teve como objetivos: construir o modelo de potência fracionária, ou seja, obter as potências inteiras e fracionárias que definem o melhor modelo para diferentes regiões e sítios em cada classe diamétrica; testar e analisar a eficiência das razões de volume e dos modelos do 5º grau e de potências fracionárias para estimar o volume comercial com toras de 2,4 metros e bitolas até o mínimo de 7, 18, 25 cm de diâmetro com casca; analisar o efeito das regiões, dos sítios e das classes diamétricas na eficiência dos ajustes e das estimativas volumétricas dos modelos para *Pinus taeda* na região nordeste do Paraná. Os dados são provenientes da Empresa Pisa Papel Imprensa S.A, situada no município paranaense de Jaguariaíva, Paraná. Foram cubadas 304 árvores, das quais foram medidos diâmetros às alturas relativas, através do penta-prisma sobre tripé com base regulável e com suunto acoplado. Nas proximidades de cada árvore cubada foi lançada uma parcela e medida a altura das árvores dominantes, podendo-se, assim, efetuar a classificação de sítio no local de cada Cubagem rigorosa. Para a classificação de sítio foi utilizada a equação desenvolvida por Scolforo (1997a), posteriormente os dados foram agrupados em classes de diâmetro com intervalo de 5 cm. A análise dos dados foi realizada pelo Sistema de Análise de Variância dos Dados Balanceados - SISVAR, desenvolvido por Furtado (1997). Verificou-se que o ajuste das equações de afilamento, devem ser preferidas por sítio e classe diâmetro, além da utilização do modelo de Amateis e Burkhart ou polinômio de potência fracionária para as estimativas dos sortimentos.

Palavras-chave: Polinômios não segmentados, sortimentos, *Pinus taeda*

ABSTRACT

EVALUATION OF TAPER FUNCTIONS FOR MULTIPRODUCTS VOLUME ESTIMATION OF *Pinus taeda* WOOD. IN: EFFICIENCY OF POLYNOMIAL MODELS AND VOLUME RATIO FOR VOLUMETRIC ESTIMATE OF ASSORTMENTS AND FOR STEM PROFILE DESCRIPTION OF *Pinus taeda*

The present research work came forth from the necessity of analysing new methodologies, and also to know better the impact of some factors which can affect the fitting of taper functions. The objectives were: to build a fractional power model, that is, to obtain entire and fractional power which define the best model by diameter class for different regions and sites; to test and analyse the efficiency of volume ratios, 5° degree polynomials and fractional powers to estimate commercial volume for 2,4 meters logs, for top minimum diameter outside bark of 7, 18, 25 cm; to analyse the effect of regions, sites and diameter classes on the efficiency of fittings and on volumetric models estimates for *Pinus taeda* in the Paraná northeastern region. The data came from the “Pisa Papel Imprensa S.A.” enterprise, located in the country of Jaguariaíva, State of Paraná. Diameters at relative heights along the stems of 304 trees were measured by using a penta prism caliper on tripod with regulated base and with a complete suunto hypsometer. In the vicinity of every one cubed tree, a sampling plot was laid down in the forest, from which dominant tree heights were measured in order to allow site classification of the local. The equation developed by Scolforo (1997a) was used for site classification. Then the data were grouped in diameter classes with 5 cm intervals. The data analysis was performed by using a computer program developed by Furtado (1997) name: “Sistema de análise de variância dos dados balanceados”-SISVAR. It was observed that the taper equations fitting, by site and by diameter class should be preferred for assortment estimates. The Amateis and Burkhart or the fractional power polynomial can also be used for such purpose.

Key words: No segmented polynomial, assortment, *Pinus taeda*

1.1 INTRODUÇÃO

Normalmente se obtém as estimativas do volume total através das equações de volume, contudo, hoje há a necessidade de se estimar com precisão não só o volume total, mas também o sortimento das árvores. Vários pesquisadores têm envidado esforços para alcançar este objetivo, construindo e/ou aprimorando diferentes equações de afilamento para estimar os sortimentos da árvore e seu volume.

As equações de afilamento podem ser polinômios segmentados e não segmentados, ou ainda derivadas das razões de volume, entre outros. Por integração de polinômios obtém-se expressões que possibilitam estimar o volume de qualquer porção da árvore, inclusive volume total. As razões de volume resultam, após diferentes formas de manuseio, de equações volumétricas em funções de afilamento a partir das quais pode-se obter diâmetros e alturas ao longo do fuste.

A partir de meados da década de 70, na tentativa de melhorar a eficiência dessas funções, foram testados modelos para representar partes do tronco, tais como as equações segmentadas de Max e Burkhart (1976) e as funções spline cubica de Liu (1980). Vários trabalhos nessa linha já foram desenvolvidos em outros países, porém, no Brasil ainda há poucos estudos, destacando-se entre eles Leite (1992), Figueiredo-Filho, Oliveira, Moura (1993), Figueiredo Filho, Borders, Hitch (1996a, 1996b), Soares (1993), entre outros.

Estes estudos têm concentrado-se em testar e avaliar o desempenho das funções de afilamento ou razão de volume, na estimativa dos múltiplos produtos da madeira, sem, no entanto, contemplar os fatores ambientais que influenciam na forma da árvore e, conseqüentemente, no ajuste das funções de afilamento.

Por outro lado, é comum em escala comercial ou em empresas, proceder-se ao ajuste destas funções por região administrativa, sem que haja um estudo mais detalhado do desempenho dos modelos existentes. Basicamente, o polinômio do 5º grau e, mais recentemente, o modelo de Amateis e Burkhart têm sido utilizados para estimativa dos múltiplos produtos da madeira no Brasil.

Este estudo surgiu após constatar-se a necessidade de analisar novas metodologias e também melhor conhecer o impacto de alguns fatores que podem influir no desempenho dos ajustes, tendo como objetivos: construir o modelo de potência fracionária, ou seja, obter as potências inteiras e fracionárias que determinem o melhor modelo, para diferentes regiões e sítios em cada classe diamétrica; testar e analisar a eficiência das razões de volume e dos modelos do 5º grau e de potências fracionárias para estimar o volume comercial com toras de 2,4 metros e bitolas até o mínimo de 7, 18, 25 cm de diâmetro com casca; analisar o efeito das regiões, dos sítios e das classes diamétricas na eficiência dos ajustes e das estimativas volumétricas dos modelos.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Localização e características da área

A área em estudo, de propriedade da Empresa Pisa Papel Imprensa S.A., está situada no município de Jaguariaíva, Estado do Paraná, entre os paralelos 24º e 24º 30' de latitude sul e os meridianos 49º 30' e 50º de longitude oeste de Greenwich, com altitude variando entre 700 e 1100 m.

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, subtropical quente-temperado, caracterizado por apresentar temperatura média inferior a 22⁰C no mês mais quente do ano. O mês mais chuvoso é janeiro cuja precipitação média é de 225,4 mm e não há estação seca definida. Segundo os dados da Estação Meteorológica de Jaguariaíva, a temperatura média anual da região é de 17,7⁰C, sendo a do mês mais quente em torno de 21,3⁰C e a do mês mais frio, 13,4⁰C. Ocorrem algumas geadas por ano (Maack, 1981).

A vegetação original é denominada campo cerrado (estepe arbustiva de gramínea baixa), mas a região hoje concentra inúmeras áreas reflorestadas que se baseiam principalmente em *Pinus taeda*, *Pinus elliotti* e *Araucaria angustifolia*.

O solo predominante na região é arenoso com afloramentos de rocha e relevo variando de ondulado a fortemente ondulado (Instituto Agrônômico do Paraná, 1994; Golfari, Caser, Moura, 1978).

1.2.2 Cubagem rigorosa

Foram cubadas 304 árvores de *Pinus taeda* distribuídas em 5 regiões da empresa, nas quais foram medidos os diâmetros nas alturas relativas de 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 1,3 metros do solo, 10%, 15%, 25%, 35%, ... , 95% da altura total da árvore. Para as alturas relativas de 1%, 2%, ... ,5%, bem como a 1.3 m do solo, os diâmetros foram medidos com fita métrica. Nas demais alturas utilizou-se o penta-prisma sobre tripé com base regulável e com sunto acoplado, sem que a árvore tivesse que ser abatida.

1.2.3 Classificação de sítio

Na proximidade de cada árvore cubada foi instalada uma parcela de 15x20 metros, com o objetivo de identificar sua altura dominante. Foram mensuradas as alturas das três árvores de maior diâmetro na parcela, que resultou na altura média das árvores dominantes. De posse de cada par formado por altura dominante e idade, foi possível identificar o índice de sítio do local onde foi cubada cada árvore. A equação de sítio utilizada foi desenvolvida por Scolforo (1997a) e apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 97,48% e erro padrão residual (syx) igual a 1,187 metros. A equação é:

$$Hd = 52.3735174. \left(\frac{S}{52.3735174} \right)^{\frac{\ln(1-\exp(-0.0275482I))}{\ln(1-\exp(-0.0275482Iref))}}$$

Na Tabela 1.1 está apresentada a distribuição das árvores cubadas por classe e índice de sítio.

TABELA 1.1. Distribuição das árvores por classe diamétrica nos sítios.

| Classe diamétrica | I | II | III | IV | V | VI |
|--------------------------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 10 15 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 15 20 | 0 | 3 | 12 | 8 | 5 | 2 |
| 20 25 | 0 | 2 | 23 | 18 | 12 | 16 |
| 25 30 | 0 | 1 | 14 | 16 | 12 | 15 |
| 30 35 | 0 | 1 | 8 | 16 | 12 | 14 |
| 35 40 | 0 | 1 | 11 | 17 | 12 | 8 |
| 40 45 | 0 | 2 | 4 | 16 | 7 | 2 |
| 45 50 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| 50 55 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 55 60 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 10 | 78 | 97 | 61 | 58 |

Devido ao pequeno número de repetições nas classes de sítio I e II, estas foram eliminadas neste estudo.

1.2.4 Distribuição diamétrica

Na Tabela 1.2 apresenta-se a frequência das árvores cubadas rigorosamente, por classe diamétrica e por região de estudo.

TABELA 1.2. Distribuição das árvores por classe diamétrica e região.

| Classe diamétrica | Mocambo | Ouro Verde | Jaguariaíva | Pouso Alto | Moqué |
|-------------------|---------|------------|-------------|------------|-------|
| 10 15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 15 20 | 3 | 5 | 8 | 2 | 12 |
| 20 25 | 15 | 13 | 13 | 12 | 18 |
| 25 30 | 13 | 14 | 15 | 11 | 5 |
| 30 35 | 12 | 10 | 12 | 12 | 5 |
| 35 40 | 13 | 9 | 8 | 13 | 6 |
| 40 45 | 6 | 7 | 4 | 9 | 5 |
| 45 50 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 50 55 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 55 60 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 62 | 63 | 65 | 60 | 54 |

1.2.5 Obtenção dos volumes

Foram estruturados dois arquivos de dados: um que possibilitou os ajustes por classes de diâmetro do polinômio do 5^o grau e do polinômio de potência fracionária; outro arquivo foi elaborado após a obtenção dos volumes totais e comerciais até um diâmetro mínimo de 7; 18; 25 e 35cm com casca, assim como das respectivas alturas. A partir desse arquivo, pôde-se obter as funções que expressam a razão entre volumes, através das quais também chega-se às funções de afilamento.

1.2.6 Funções utilizadas

Para os modelos testados, trabalhou-se com as funções de formas tradicionais, entre elas os modelos de Schopfer (1966) e Hradetzky (1976). Optou-se também por utilizar os modelos que expressam a razão entre os volumes e que, por sua vez, geram função de afilamento, como é o caso do modelo desenvolvido por Clutter (1980) e Amateis e Burkhart (1987).

A seguir, encontram-se listadas as funções que serão utilizadas neste trabalho, bem como a forma de trabalho das mesmas.

Modelo de Schopfer ou polinômio do 5º grau

Este modelo será ajustado por classe diamétrica, para cada região e sítio, sendo apresentado a seguir:

$$\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^2}{H^2} \right) + \beta_3 \left(\frac{h_i^3}{H^3} \right) + \beta_4 \left(\frac{h_i^4}{H^4} \right) + \beta_5 \left(\frac{h_i^5}{H^5} \right)$$

onde:

d_i = diâmetro à várias alturas ao longo do fuste da árvore

D = diâmetro à altura do peito (1,30 metros do solo)

h_i = altura ao longo do fuste

H = altura total

β_i = parâmetros a serem estimados

e_i = erro de estimativa

A seguir, o desenvolvimento do polinômio de quinto grau, para estimativa dos volumes.

Simplificando o polinômio por

$$c_0 = \beta_0 \quad \text{e} \quad c_i = (\beta_i / H^i), \quad i = 1, 2, \dots, 5$$

e multiplicando ambos os lados da equação por D, a expressão fica:

$$di = D \left(c_0 + c_1 \cdot h_i + c_2 \cdot h_i^2 + c_3 \cdot h_i^3 + c_4 \cdot h_i^4 + c_5 \cdot h_i^5 \right) + ei \quad (4)$$

O volume da árvore é obtido pela integral do polinômio (4):

$$V = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h \quad (5)$$

Substituindo a expressão (4) em (5), fica:

$$V = K D^2 \int_{h_1}^{h_2} \left(c_0 + c_1 h_i + c_2 h_i^2 + c_3 h_i^3 + c_4 h_i^4 + c_5 h_i^5 \right)^2 \delta h \quad (6)$$

onde,

$$K = \pi / 40.000$$

Portanto, antes de proceder à integração, torna-se necessário elevar ao quadrado a expressão entre parênteses, definindo uma função de volume na seguinte forma:

$$V = K \cdot D^2 \left[c_0^2 h_i + (c_0 \cdot c_1) h_i^2 + \left(\frac{2}{3} c_0 \cdot c_2 + \frac{1}{3} c_1^2 \right) h_i^3 + \right. \\ \left. \left(\frac{1}{2} c_0 \cdot c_3 + \frac{1}{2} c_1 \cdot c_2 \right) \cdot h_i^4 + \left(\frac{2}{5} c_0 \cdot c_4 + \frac{2}{5} c_1 \cdot c_3 + \frac{1}{5} c_2^2 \right) h_i^5 + \right. \\ \left. \left(\frac{1}{3} c_0 \cdot c_5 + \frac{1}{3} c_1 \cdot c_4 + \frac{1}{3} c_2 \cdot c_3 \right) h_i^6 + \left(\frac{2}{7} c_1 \cdot c_5 + \frac{2}{7} c_2 \cdot c_4 + \frac{1}{7} c_3^2 \right) h_i^7 + \right. \\ \left. \left(\frac{1}{4} c_2 \cdot c_5 + \frac{1}{4} c_3 \cdot c_4 \right) h_i^8 + \left(\frac{2}{9} c_3 \cdot c_5 + \frac{1}{9} c_4^2 \right) h_i^9 + \left(\frac{1}{5} c_4 \cdot c_5 \right) h_i^{10} + \left(\frac{1}{11} \cdot c_5^2 \right) h_i^{11} \right]_{h_1}^{h_2}$$

Quando h_2 for igual a altura total e h_1 for igual a zero, então tem-se o volume total da árvore, similar às equações de volume.

Construção do modelo de potência fracionária

Conforme já constatado por Schoepfer (1966), o polinômio do 5^o grau, embora represente bem o perfil da árvore, não o representa tão bem na porção inferior, já que há mais tortuosidade e sinuosidade na base da árvore, que nas partes superiores. Hradetzky (1976) sugeriu a utilização de potências inteiras com dezenas para representar a base da árvore, em conjunto com as potências fracionárias para representar a porção superior do tronco.

De acordo com Rosot (1989), modelos com esta forma devem ser construídos. Neste trabalho utilizou-se, para tal, o procedimento “Stepwise”, implementado por classe de diâmetro para cada região e sítio, conforme foi adotado para o polinômio de 5^o grau.

As potências utilizadas para fins de construção do modelo para as classes de diâmetro, regiões e sítios, através do procedimento de “Stepwise” foram:

0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 e 25.

De uma forma geral, os polinômios a serem construídos são:

$$\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i^{p_1}}{H^{p_1}} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^{p_2}}{H^{p_2}} \right) + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i^{p_n}}{H^{p_n}} \right) + e_i$$

onde:

d = diâmetros ao longo do fuste da árvore

D = diâmetro à altura do peito ou diâmetro a 10% da altura da árvore

h_i = alturas ao longo do fuste da árvore

H = altura total da árvore

p_i = expoentes variando entre 0,005 e 25

β_i = coeficientes a serem estimados

e_i = erro de estimativa

O volume é obtido pela integração do polinômio, conforme a apresentação abaixo:

Simplificando a expressão por:

$$c_0 = \beta_0 \quad \text{e} \quad c_i = (\beta_i / H^{p_j}) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n$$

onde:

p_j = expoentes selecionados através do processo de “stepwise”

e multiplicando ambos os lados da equação por D , a expressão fica:

$$d_i = D \left(c_0 + c_1 \cdot h_1^{p_1} + c_2 \cdot h_2^{p_2} + \dots + c_n \cdot h_n^{p_n} \right) + e_i \quad (7)$$

O volume da árvore é obtido pela integral do polinômio:

$$V = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta h \quad (8)$$

Substituindo a expressão (7) em (8), fica:

$$V = K D^2 \int_{h_1}^{h_2} \left(c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n} \right)^2 \delta h$$

onde,

$$K = \pi / 40.000$$

Portanto, antes da integração torna-se necessário elevar ao quadrado a expressão entre parênteses, definindo uma função de volume da seguinte forma:

$$V = K D^2 \int_{h_1}^{h_2} \left(c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n} \right)^2 \delta h$$

A integral do modelo assume a forma:

$$V = K \cdot D^2 \left[C_0^2 \cdot h_i + 2 C_0 \cdot C_1 \left(\frac{h_i^{1+p1}}{1+p1} \right) + 2 C_0 \cdot C_2 \left(\frac{h_i^{1+p2}}{1+p2} \right) + \dots \right. \\ \left. + C_{n-1} C_n \left(\frac{h_i^{1+p(n-1)+pn}}{1+p(n-1)+pn} \right) + C_n^2 \left(\frac{h_i^{1+(2pn)}}{1+(2pn)} \right) \right]_{h_1}^{h_2}$$

Considerando h_1 igual zero e h_2 igual a altura total da árvore, calcula-se, então, o seu volume total, como se fosse uma equação de volume.

Modelo de Clutter

Utiliza-se, neste caso, uma equação do volume total e outra de volume comercial ou razão de volume, através das quais obtém-se as funções de afilamento.

Equação de volume

$$V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} + e_i$$

onde:

V = volume total com casca

D = diâmetro à altura do peito

H = altura total

β_i = parâmetros a serem estimados para a equação de volume

e_i = erro de estimativa

Volume comercial até um diâmetro comercial

$$V_c = V(1 - \alpha_0 d^{\alpha_1} D^{\alpha_2})$$

onde:

V_c = volume comercial em diâmetro e altura comercial

V = volume total com casca

d = diâmetro comercial

D = diâmetro à altura do peito

α_i = parâmetros a serem estimados

Para a implementação do modelo, é necessário considerar que uma equação de volume comercial de topo variável, implicitamente, define uma associada função de afilamento.

Das expressões anteriores, aplicando-se o conceito de integral e derivada, obtém-se as expressões de forma que permitem estimar a altura comercial em função do diâmetro e os diâmetros em função das alturas comerciais.

Assim, o afilamento com casca da árvore pode ser definido pelas equações:

Altura comercial em função do diâmetro:

$$h = H - d^{\alpha_1 - 2} \cdot K^{-1} \cdot \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \cdot \alpha_0 D^{\alpha_2} \left[\frac{\alpha_1}{\alpha_1 - 2} \right]$$

Diâmetro comercial em função da altura:

$$d = \left\{ K \frac{1}{\beta_0 D^{\beta_1} \cdot H^{\beta_2}} \cdot \frac{1}{\alpha_0} \cdot D^{-\alpha_2} \left[\frac{\alpha_1 - 2}{\alpha_1} \right] (H - h) \right\}^{\frac{1}{(\alpha_0^{-2})}}$$

onde:

h = altura correspondente a qualquer diâmetro ao longo do fuste pré-estabelecido como diâmetro mínimo comercial

H, d, β_i , α_i , V, Vc = definidos anteriormente.

K = $\pi/40.000$

Modelo de Amateis e Burkhart

Amateis e Burkhart (1987) apresentaram dois modelos para estimar volume comercial até qualquer diâmetro ou altura comercial, como seguem as expressões:

Volume até qualquer diâmetro ao longo do fuste:

$$V_c = V \left(1 - \alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}} \right) \quad (1)$$

Volume até qualquer altura ao longo do fuste:

$$V_c = V \left(1 - \beta_0 \frac{(H-h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}} \right) \quad (2)$$

onde:

V_c = volume comercial até um diâmetro comercial ou altura comercial

V = volume total

d = diâmetro comercial

D = diâmetro à altura do peito

H = altura total

h = altura comercial

β_1 e α_1 = parâmetros a serem estimados

Igualando as funções “1” e “2” pode-se obter de maneira fácil as funções de forma para diâmetro e altura. Resolvendo (3) em relação ao diâmetro comercial (d), obtém-se a função de afilamento correspondente.

$$\alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}} = \beta_0 \frac{(H-h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}}$$

$$d = \left[\frac{\beta_0 D^{\alpha_2} (H-h)^{\beta_1}}{\alpha_0 H^{\beta_2}} \right]^{\frac{1}{\alpha_1}} \quad (3)$$

Resolvendo (3) em relação à altura comercial (h), pode-se obter a função de afilamento correspondente.

$$\alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}} = \beta_0 \frac{(H-h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}}$$

$$(H-h)^{\beta_1} = \frac{\alpha_0}{\beta_0} \cdot H^{\beta_2} \cdot \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}}$$

$$(H-h) = \left[\frac{\alpha_0 \cdot H^{\beta_2} d^{\alpha_1}}{\beta_0 \cdot D^{\alpha_2}} \right]^{\frac{1}{\beta_1}}$$

$$h = H - \left[\frac{\alpha_0 H^{\beta_2} d^{\alpha_1}}{\beta_0 \cdot D^{\alpha_2}} \right]^{\frac{1}{\beta_1}}$$

1.2.7 Eficiência das equações de afilamento na estimativa volumétrica

Foram testadas três classes de sortimento com diâmetro mínimo com casca de 7 cm, 18 cm, 25 cm. Cada classe de sortimento compôs um experimento.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, devido ao pequeno número de árvores amostradas por classe de diâmetro. Os sítios compuseram os blocos, as classes diamétricas as parcelas, os modelos as subparcelas e as árvores as repetições, conforme pode ser visto nas Tabelas 1.3, 1.4.

Busca-se, através deste, identificar nos diferentes sítios e classes diamétricas se há diferença entre os modelos para a estimativa dos volumes para cada classe de sortimentos considerada. Se for detectada diferença significativa na análise de variância, será aplicado o teste de Scott e Knott (1974).

TABELA 1.3. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas para sortimentos 7 e 18 cm, para os sítios.

| F. V. | G. L. |
|-------------------|-------|
| CD | 3 |
| Sítio | 3 |
| Sítio x CD | 9 |
| Árvores | 4 |
| Erro _a | 64 |
| Modelos | 4 |
| CD x Modelo | 12 |
| Sítio x Modelo | 12 |
| Mod x CD x Sítio | 36 |
| Erro _b | 252 |
| Total | 399 |

CD = Classe diamétrica

TABELA 1.4. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas para sortimento 25 cm, para os sítios.

| F. V. | G. L. |
|-------------------|-------|
| CD | 2 |
| Sítio | 3 |
| Sítio x CD | 6 |
| Árvores | 4 |
| Erro _a | 48 |
| Modelos | 4 |
| CD x Modelo | 8 |
| Sítio x Modelo | 12 |
| Mod x CD x Sítio | 24 |
| Erro _b | 188 |
| Total | 299 |

CD = Classe diamétrica

Devido ao pequeno número de repetições nas classes diamétricas de 10 a 15, 15 a 20, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55, 55 a 60 cm, estas foram eliminadas neste estudo. As classes diamétricas que compuseram o estudo contaram com cinco árvores. Na classe de sortimento 25, foi também eliminada a classe de 20 a 25 cm.

Estes dados foram analisados pelo Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR) (Furtado, 1997).

O mesmo procedimento para verificar o efeito sítio foi adotado para identificar o efeito região. Nas Tabelas 1.5 e 1.6 são apresentados os detalhes da análise para as classes de sortimento 7 e 18 cm e a classe de 25 cm. Particularmente para a classe de sortimento 25 cm, o número de repetições foi de três árvores por classe diamétrica.

TABELA 1.5. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas para sortimentos 7 e 18 cm, para as regiões.

| F. V. | G. L. |
|-------------------|-------|
| CD | 3 |
| Local | 4 |
| Local x CD | 12 |
| Árvores | 4 |
| Erro _a | 80 |
| Modelos | 4 |
| CD x Modelo | 12 |
| Local x Modelo | 16 |
| Mod x CD x Local | 48 |
| Erro _b | 316 |
| Total | 499 |

CD = Classe diamétrica

TABELA 1.6. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas para sortimento 25 cm, para as regiões.

| F. V. | G. L. |
|-------------------|-------|
| CD | 2 |
| Local | 4 |
| Local x CD | 8 |
| Árvores | 2 |
| Erro _a | 30 |
| Modelos | 4 |
| CD x Modelo | 8 |
| Local x Modelo | 16 |
| Mod x CD x Local | 32 |
| Erro _b | 118 |
| Total | 224 |

CD = Classe diamétrica

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Construção do modelo de potência fracionária

Nas Tabelas 1.7 e 1.8, são apresentados os ajustes para estes polinômios, respectivamente para diferentes classes de sítio e diferentes regiões. Notou-se tendência de predominar potências fracionárias e inteiras nos modelos construídos, podendo-se observar que os primeiros parâmetros são potências fracionárias e os parâmetros finais dos modelos são potências inteiras. Os modelos com quatro coeficientes apresentaram, na maioria dos casos, a potência 0,005 no segundo parâmetro, potências decimais para o terceiro parâmetro, unitárias para o quarto e de dezenas no último parâmetro.

TABELA 1.7. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio de potência fracionária por classe de diâmetro, e por sítio.

| Sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx | |
|-------|-------------------------------------|---|----------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|----------------|------|-----------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | | β_6 |
| III | 15 20 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,5 | 0,7 | 3 | 10 | 97,5 | 0,0467 |
| | | C | 1,358648 | 28,097977 | -28,926489 | 1,495659 | -1,689554 | -0,321132 | 0,916011 | | |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 4 | 10 | 97,3 | 0,0508 |
| | | C | 1,351731 | 0,301105 | -19,908462 | 37,137548 | -18,543272 | -0,66214 | 1,223017 | | |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 4 | 10 | | 96,8 | 0,0548 |
| | | C | 1,292316 | 13,663337 | -14,056467 | -0,445805 | -0,879334 | 1,224947 | | | |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,5 | 10 | 15 | | | 97 | 0,0529 |
| | | C | 1,34488 | -0,133966 | -0,847616 | -2,78766 | 4,481987 | | | | |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | 98,1 | 0,0408 |
| | | C | 1,266731 | 0,084931 | -0,838949 | -1,126675 | 1,024671 | | | | |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,5 | 0,6 | 2 | | | 98,3 | 0,0405 |
| | | C | 1,332794 | 0,252423 | -9,447282 | 9,282097 | -1,464458 | | | | |
| IV | 15 20 | P | | 0,5 | 3 | | | | | 95,4 | 0,0612 |
| | | C | 1,308139 | -0,927405 | -0,177196 | | | | | | |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,06 | 0,6 | 3 | 10 | | 95,6 | 0,0615 |
| | | C | 1,289122 | 1,166487 | -1,577606 | -0,377968 | -0,645196 | 0,933031 | | | |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 1 | 5 | | | 97,7 | 0,0446 |
| | | C | 1,278349 | 14,738853 | -15,193333 | -0,505749 | -0,265303 | | | | |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | 97,4 | 0,048 |
| | | C | 1,317522 | 0,061218 | -0,853649 | -1,028467 | 0,826726 | | | | |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,2 | 4 | 10 | 20 | 25 | 97,9 | 0,0433 |
| | | C | 1,287978 | 0,282018 | -0,997068 | -0,906697 | 1,077358 | -4,467118 | 4,747224 | | |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 4 | 10 | 97,7 | 0,0458 |
| | | C | 1,264626 | 1,382118 | -8,598461 | 8,13193 | -1,708462 | -0,832769 | 0,61998 | | |

Continua

TABELA 1.7. Continuação

| Sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx | |
|-------|--|---|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|------|-----------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | | β_6 |
| V | 15 20 | P | | 0,4 | 4 | | | | | | |
| | | C | 1,397054 | -0,998227 | -0,207306 | | | | | 96,5 | 0,0579 |
| | 20 25 | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | | |
| | | C | 1,322738 | -0,862226 | -0,862926 | 1,06299 | | | | 97,2 | 0,0485 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 5 | | | |
| | | C | 1,331752 | 1,100308 | -15,594162 | 18,52482 | -5,100738 | -0,221134 | | 98,3 | 0,0388 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,6 | 1 | 5 | | | |
| | | C | 1,318123 | 0,857959 | -2,843945 | 3,265681 | -2,35021 | -0,265519 | | 97,1 | 0,0512 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,2 | 4 | 5 | | | | |
| | | C | 1,263213 | 0,240474 | -0,850638 | -1,794051 | 1,133221 | | | 98,1 | 0,0395 |
| | 40 45 | P | | 0,5 | 0,6 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,352092 | -3,041013 | 2,283505 | -1,597012 | 1,64839 | | | 94,9 | 0,0743 |
| VI | 15 20 | P | | 0,5 | | | | | | | |
| | | C | 1,366222 | -1,036279 | | | | | | 98,6 | 0,0358 |
| | 20 25 | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | | |
| | | C | 1,324186 | -0,848303 | -0,959442 | 1,095228 | | | | 96,5 | 0,0543 |
| | 25 30 | P | | 0,4 | 1 | 5 | 25 | | | | |
| | | C | 1,32888 | -0,924928 | 0,11542 | -0,8559 | 5,952374 | | | 98,1 | 0,0413 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,300353 | 0,106355 | -0,877943 | -1,22562 | 1,152329 | | | 97,6 | 0,0477 |
| | 35 40 | P | | 0,4 | 5 | | | | | | |
| | | C | 1,298495 | -0,826034 | -0,642282 | | | | | 98 | 0,0426 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,02 | 1 | 5 | 25 | | | |
| | | C | 1,256209 | 4,823076 | -5,280192 | -0,204366 | -1,270617 | 8,844196 | | 99,4 | 0,0234 |

P = Potência

C = Coeficiente

TABELA 1.8. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio de potência fracionária por classe de diâmetro e por região.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | | R ² | Syx | |
|------------|-------------------------------------|---|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|--|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | | |
| Mocambo | 15 20 | P | | 0,4 | 5 | | | | | | | |
| | | C | 1,369743 | -0,995382 | -0,13684 | | | | | 98,1 | 0,042 | |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 0,5 | 5 | 10 | | | |
| | | C | 1,294401 | 28,229819 | -29,090631 | -3,082181 | 3,010342 | -0,456152 | 0,547496 | 97 | 0,049 | |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,5 | 0,6 | 4 | 5 | | | |
| | | C | 1,266663 | 40,741249 | -42,022288 | 5,825758 | -5,460713 | 0,106494 | -0,393529 | 97,8 | 0,041 | |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,2 | 0,7 | 5 | | | | |
| | | C | 1,26128 | 72,777726 | -76,093107 | 3,768658 | -1,325125 | -0,417694 | | 98,2 | 0,034 | |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | | | | | | |
| | | C | 1,272829 | 0,098109 | -0,826949 | -0,732955 | | | | 97,6 | 0,044 | |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 5 | 10 | | | |
| | | C | 1,253501 | 0,555375 | -14,61717 | 19,618774 | -6,312736 | -1,41646 | 1,568666 | 98,4 | 0,037 | |
| Ouro Verde | 15 20 | P | | 0,5 | | | | | | | | |
| | | C | 1,321894 | -1,033611 | | | | | | 96,6 | 0,0532 | |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 3 | 5 | | | | |
| | | C | 1,281928 | 14,839783 | -15,260789 | -0,286287 | -1,426186 | 1,28959 | | 97,8 | 0,043 | |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,5 | 1 | 4 | 15 | | | |
| | | C | 1,285425 | 0,525698 | -1,883368 | 1,36408 | -1,044078 | -0,253973 | 0,869051 | 97,7 | 0,0453 | |
| | 30 35 | P | | 0,2 | 0,5 | 5 | 20 | | | | | |
| | | C | 1,319919 | -0,34002 | -0,541021 | -0,569011 | 0,692421 | | | 97,5 | 0,0471 | |
| | 35 40 | P | | 0,3 | 0,6 | 5 | 15 | | | | | |
| | | C | 1,269595 | -0,469163 | -0,375058 | -0,677131 | 0,651606 | | | 97,9 | 0,0434 | |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,01 | 4 | 5 | | | | | |
| | | C | 1,239179 | 20,941617 | -21,474647 | -3,119278 | 2,613929 | | | 93,6 | 0,08 | |

Continua

TABELA 1.8. Continuação.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|-------------|-------------------------------------|---------|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| Jaguariaíva | 15 20 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,6 | 4 | 5 | | |
| | 20 25 | C | 1,32362 | 0,513208 | -1,442393 | 0,305856 | -5,159976 | 5,48307 | | 96,6 0,0541 |
| | 25 30 | P | | 0,5 | 1 | 3 | 15 | | | |
| | | C | 1,315468 | -1,599762 | 1,193453 | -1,619564 | 14,959596 | | | 96,4 0,0583 |
| | 30 35 | C | 1,29942 | 45,137237 | -46,842233 | 2,520663 | -1,725755 | -0,734709 | 7,039811 | 97,7 0,0461 |
| | | P | | 0,005 | 0,01 | 0,3 | 0,6 | 5 | 25 | |
| | 35 40 | C | 1,305447 | 28,027677 | -28,867255 | 0,349898 | -0,648126 | -0,361727 | 0,796202 | 98,2 0,0412 |
| | | P | | 0,005 | 0,01 | 4 | 5 | 10 | 25 | |
| | 40 45 | C | 1,269297 | 19,980356 | -20,540102 | -4,518015 | 4,98054 | -1,813368 | 1,664146 | 98,8 0,0325 |
| | | P | | 0,005 | 0,2 | 5 | 10 | | | |
| | | | C | 1,320753 | 0,19351 | -0,900477 | -1,744896 | 1,766202 | | 98,7 0,0357 |
| | Pouso Alto | 15 20 | P | | 0,4 | 10 | | | | |
| | | C | 1,459791 | -1,068571 | -2,161141 | | | | 97,5 0,0522 | |
| 20 25 | | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,325135 | -0,877357 | -0,841846 | 0,888592 | | | 97,6 0,0447 | |
| 25 30 | | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | |
| | | C | 1,336384 | 0,094902 | -0,933985 | -1,164695 | 1,232529 | | | 98,3 0,04 |
| 30 35 | | P | | 0,005 | 0,01 | 3 | 5 | | | |
| | | C | 1,332806 | 22,379366 | -23,032953 | -1,20054 | 0,625404 | | | 98,3 0,0416 |
| 35 40 | | P | | 0,005 | 0,4 | 0,8 | 1 | 5 | 10 | |
| | | C | 1,284169 | 0,201684 | -2,522938 | 5,316689 | -3,889868 | -0,859723 | 0,736773 | 98,5 0,0368 |
| 40 45 | | P | | 0,005 | 0,01 | 0,3 | 5 | 15 | | |
| | | C | 1,3114 | 11,62333 | -11,930891 | -0,421308 | -1,405148 | 2,496566 | | 98,2 0,0423 |

Continua

TABELA 1.8. Continuação.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | constante | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|---------|-------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|
| | | | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | |
| Moquéim | 15 20 | P | 0,005 | 0,1 | 0,5 | 3 | 5 | | | |
| | | C | 1,367044 | 0,954887 | -1,623195 | -0,066272 | -1,193933 | 1,064617 | 97,3 | 0,0477 |
| | 20 25 | P | 0,005 | 0,5 | 0,7 | 1 | 15 | | | |
| | | C | 1,373214 | 0,303161 | -8,291573 | 12,79703 | -6,100696 | 0,847584 | 96,9 | 0,0544 |
| | 25 30 | P | 0,4 | 10 | | | | | | |
| | | C | 1,379813 | -1,013693 | -0,808231 | | | | 96,8 | 0,057 |
| | 30 35 | P | 0,4 | 0,5 | 5 | | | | | |
| | | C | 1,416442 | -2,00139 | 1,038583 | -0,487538 | | | 95,1 | 0,0703 |
| | 35 40 | P | 0,4 | 2 | 4 | 15 | 25 | | | |
| | | C | 1,309054 | -0,909145 | 0,616605 | -1,716397 | 3,292091 | -3,006691 | 97,1 | 0,0532 |
| | 40 45 | P | 0,5 | 0,6 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,325311 | -3,093043 | 2,383644 | -1,585986 | 1,642109 | | 97,3 | 0,0509 |

P = Potência

C = Coeficiente

Nestes casos, as potências fracionárias estão moldando melhor a ponta da árvore e as potências maiores à base da árvore. Pode-se constatar que, para todas as situações testadas, as medidas de precisão estão dentro do espectro de ajustes precisos.

A análise das medidas de precisão mostra que não há diferença entre as equações ajustadas para as diferentes classes diamétricas. Quanto aos ajustes realizados por sítio e classe diamétrica, e região e classe diamétrica, verificou-se que os menores e maiores valores de coeficiente foram respectivamente 94,9 % e 99,4 %; e 93,6 % e 98,8 %. Juntamente com o erro padrão residual pode-se inferir que há uma ligeira superioridade dos modelos ajustados por sítio em relação às equações obtidas por região, muito provavelmente pelo maior controle das fontes de variação da variável volume.

1.3.2 Polinômio de 5º grau

Através da análise das medidas de precisão, coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos, verificou-se nas Tabelas 1.9 e 1.10 que todos os modelos apresentaram ajustes satisfatórios, o que indica que eles podem ser usados para estimar com eficiência os diâmetros e as alturas ao longo do fuste, os volumes totais e comerciais para as árvores de *Pinus taeda*.

Entre os polinômios, o menor coeficiente de determinação nas regiões foi de 93,5% e o maior de 98,1%, para os sítios o menor foi de 94,6% e o maior 99,0%. Verificou-se, através do erro padrão e da análise gráfica dos resíduos, uma ligeira superioridade no ajuste por sítio, em relação aos ajustes por região.

TABELA 1.9. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio do 5º grau por classe de diâmetro e por sítio.

| Classe de sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|-----------------|--|----------------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|----------------|--------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| III | 15 20 | 1,317704 | -5,391649 | 26,445458 | -67,352362 | 76,430938 | -31,567742 | 96,9 | 0,0511 |
| | 20 25 | 1,306984 | -5,566463 | 27,174277 | -66,038743 | 70,644785 | -27,529053 | 96,8 | 0,0549 |
| | 25 30 | 1,243435 | -4,940787 | 23,411334 | -56,338636 | 59,800933 | -23,205354 | 96,3 | 0,0588 |
| | 30 35 | 1,240953 | -5,666502 | 30,209543 | -79,06375 | 92,189475 | -39,566907 | 95,4 | 0,0654 |
| | 35 40 | 1,202247 | -4,591559 | 20,476747 | -44,189737 | 41,338774 | -14,107663 | 97,3 | 0,0484 |
| | 40 45 | 1,279051 | -6,768492 | 36,490653 | -89,844878 | 97,719523 | -39,398223 | 97,7 | 0,0479 |
| IV | 15 20 | 1,29092 | -5,186379 | 26,192379 | -66,331178 | 73,814665 | -29,819344 | 95,5 | 0,0612 |
| | 20 25 | 1,254429 | -4,765071 | 22,650103 | -55,522404 | 59,932131 | -23,506298 | 95,4 | 0,063 |
| | 25 30 | 1,225521 | -4,930131 | 25,19409 | -65,187443 | 75,220459 | -31,961236 | 97,2 | 0,0495 |
| | 30 35 | 1,247935 | -5,649035 | 30,532384 | -79,079049 | 90,816803 | -38,501817 | 96,6 | 0,0547 |
| | 35 40 | 1,211085 | -4,024996 | 13,389449 | -17,484088 | 2,554576 | 5,007454 | 95,5 | 0,0637 |
| | 40 45 | 1,203463 | -4,550663 | 21,616356 | -48,579129 | 46,694207 | -16,329033 | 97 | 0,0524 |
| V | 15 20 | 1,344448 | -6,6324 | 34,374279 | -85,668332 | 94,824909 | -38,453312 | 96,4 | 0,0597 |
| | 20 25 | 1,274411 | -5,692376 | 30,542161 | -79,128981 | 90,241629 | -37,601632 | 96,9 | 0,0513 |
| | 25 30 | 1,269986 | -5,801127 | 31,325259 | -80,400329 | 91,042858 | -37,939071 | 97,5 | 0,0473 |
| | 30 35 | 1,257723 | -5,73577 | 32,162741 | -85,071134 | 99,036639 | -42,394178 | 96,3 | 0,0576 |
| | 35 40 | 1,218374 | -4,700082 | 24,562494 | -61,691634 | 68,267144 | -28,115701 | 97,7 | 0,0433 |
| | 40 45 | 1,284252 | -5,944582 | 30,299791 | -73,021794 | 77,78199 | -30,764827 | 94,6 | 0,0764 |
| VI | 15 20 | 1,355545 | -6,496783 | 38,139871 | -111,083913 | 144,605745 | -69,066666 | 99 | 0,0326 |
| | 20 25 | 1,270845 | -5,274287 | 27,224458 | -69,238466 | 77,894999 | -32,206171 | 96,1 | 0,0575 |
| | 25 30 | 1,263003 | -5,23965 | 26,474418 | -66,187816 | 73,988088 | -30,736116 | 97,5 | 0,0475 |
| | 30 35 | 1,244311 | -4,765928 | 21,971081 | -49,164441 | 47,688616 | -16,879939 | 97 | 0,0533 |
| | 35 40 | 1,244464 | -4,938779 | 24,482764 | -61,345443 | 69,639372 | -29,694904 | 97,9 | 0,0444 |
| | 40 45 | 1,194716 | -3,847509 | 17,015572 | -36,367265 | 33,741218 | -11,889642 | 98,7 | 0,0362 |

TABELA 1.10. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio do 5º grau por classe de diâmetro e por região.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|-------------|--|----------------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| Mocambo | 15 20 | 1,309818 | -6,129514 | 30,017025 | -73,009825 | 80,236609 | -32,577191 | 98,1 | 0,043 |
| | 20 25 | 1,249091 | -5,078848 | 24,415528 | -60,043427 | 66,549442 | -27,272885 | 96,5 | 0,054 |
| | 25 30 | 1,22431 | -4,985479 | 25,882485 | -67,010645 | 77,695473 | -33,30287 | 97,3 | 0,046 |
| | 30 35 | 1,205178 | -4,579384 | 24,412282 | -64,057708 | 74,547496 | -32,091118 | 97,5 | 0,044 |
| | 35 40 | 1,228567 | -5,182637 | 28,560811 | -76,197307 | 90,478263 | -39,752191 | 97,2 | 0,047 |
| | 40 45 | 1,221021 | -5,223841 | 26,703576 | -63,75783 | 66,591114 | -25,781768 | 98 | 0,041 |
| Ouro Verde | 15 20 | 1,284674 | -5,024247 | 24,424671 | -63,188026 | 73,285359 | -31,011013 | 96,5 | 0,056 |
| | 20 25 | 1,240293 | -4,831419 | 24,541399 | -63,659912 | 72,056699 | -29,510012 | 97,4 | 0,046 |
| | 25 30 | 1,22941 | -5,023034 | 25,117663 | -63,458979 | 70,943551 | -29,016771 | 97,1 | 0,050 |
| | 30 35 | 1,217223 | -4,819085 | 21,503328 | -47,178688 | 45,832457 | -16,483796 | 96 | 0,060 |
| | 35 40 | 1,200884 | -4,443662 | 19,720461 | -43,563755 | 42,191962 | -15,049882 | 97,3 | 0,049 |
| | 40 45 | 1,213296 | -4,145481 | 18,768782 | -41,802408 | 39,913509 | -13,843453 | 93,5 | 0,081 |
| Jaguariaíva | 15 20 | 1,30663 | -5,452936 | 29,130693 | -78,419658 | 93,24454 | -40,559344 | 96,4 | 0,056 |
| | 20 25 | 1,283073 | -5,036211 | 25,388131 | -63,533782 | 68,816714 | -26,90792 | 96,2 | 0,060 |
| | 25 30 | 1,243018 | -4,620716 | 22,012379 | -52,837576 | 56,064424 | -22,043276 | 97 | 0,052 |
| | 30 35 | 1,257509 | -5,239309 | 27,933531 | -71,242703 | 79,844844 | -33,030348 | 97,6 | 0,047 |
| | 35 40 | 1,201474 | -3,564868 | 10,859305 | -10,366738 | -7,560856 | 10,38066 | 97,2 | 0,049 |
| | 40 45 | 1,23397 | -5,545885 | 30,70704 | -79,082393 | 89,043678 | -36,990371 | 97,5 | 0,049 |

Continua

TABELA 1.10. Continuação.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|------------|--|----------------------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| Pouso Alto | 15 20 | 1,433266 | -9,052786 | 58,625317 | -176,787973 | 236,733353 | -116,143142 | 97,9 | 0,051 |
| | 20 25 | 1,272752 | -5,640851 | 29,892962 | -77,338295 | 88,570807 | -37,250554 | 97 | 0,050 |
| | 25 30 | 1,27323 | -5,705085 | 29,704467 | -75,28823 | 84,620232 | -35,073485 | 97,6 | 0,048 |
| | 30 35 | 1,268888 | -6,034929 | 32,990734 | -85,494825 | 97,302115 | -40,636698 | 97,5 | 0,050 |
| | 35 40 | 1,223286 | -4,865554 | 22,370253 | -49,162182 | 47,198122 | -16,750065 | 97,8 | 0,044 |
| | 40 45 | 1,240045 | -5,665067 | 29,639649 | -72,848703 | 78,957051 | -31,81597 | 97,4 | 0,051 |
| Moquém | 15 20 | 1,318928 | -5,531902 | 27,920464 | -71,145514 | 80,605236 | -33,340947 | 96,6 | 0,053 |
| | 20 25 | 1,329674 | -5,745751 | 28,024082 | -67,541327 | 72,074135 | -28,193478 | 96,5 | 0,058 |
| | 25 30 | 1,318432 | -6,54838 | 34,935964 | -90,39291 | 104,49676 | -44,520796 | 96,6 | 0,060 |
| | 30 35 | 1,320201 | -7,320201 | 40,319226 | -104,673844 | 120,501436 | -50,909791 | 93,9 | 0,079 |
| | 35 40 | 1,23661 | -4,662577 | 19,617193 | -38,488833 | 31,053682 | -8,485329 | 96,7 | 0,057 |
| | 40 45 | 1,258723 | -5,967236 | 31,706667 | -78,7009 | 86,132552 | -34,877249 | 97 | 0,054 |

1.3.3 Ajuste das razões de volume

Com relação à equação de volume total, pode-se observar na Tabela 1.11, que as medidas de precisão do modelo de Schumacher e Hall são superiores quando o controle da base de dados foi por sítio.

TABELA 1.11. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Clutter para equação de volume total, para cinco regiões e quatro sítios.

| | | Parâmetros estimados | | | R ² |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|----------------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | |
| Região | Mocambo | 0,00003457 | 1,87286322 | 1,16406418 | 92,7 |
| | Ouro Verde | 0,00003080 | 2,20580733 | 0,80767302 | 98,8 |
| | Jaguariaíva | 0,00007232 | 1,77864158 | 1,03175808 | 99 |
| | Pouso Alto | 0,00004801 | 2,12116087 | 0,75666920 | 98 |
| | Moquém | 0,00004237 | 1,82482019 | 1,14855720 | 99 |
| Sítio | III | 0,00003000 | 2,2200000 | 0,79630000 | 99,2 |
| | IV | 0,00003400 | 1,9400000 | 1,07630000 | 97,8 |
| | V | 0,00005223 | 1,93092734 | 0,96694538 | 97,7 |
| | VI | 0,00003018 | 2,08150690 | 0,96718861 | 98,1 |

Com relação às razões de volume, pode-se observar nas Tabelas 1.12, 1.13 e 1.14 que suas estatísticas são bastantes satisfatórias. Como esperado, o coeficiente de determinação do modelo de Clutter (1980) e o de Amateis e Burkhart (1987) são ligeiramente superiores por sítio em relação aos ajustes por região, pelos mesmos motivos já apresentados para os modelos polinomiais.

A alta correlação obtida dá-se em função de os modelos considerarem como variável dependente os volumes comerciais e como parte das independentes o volume total. Em qualquer circunstância, a correlação entre o volume total e parcial para uma mesma árvore sempre será muito forte, haja vista o controle implícito das fontes de variação que afetam tais variáveis.

TABELA 1.12. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Clutter para equação de volume comercial, por região e sítio.

| | | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|--------------|-------|
| | | α_0 | α_1 | α_2 | R^2 |
| Região | Mocambo | 0,05224703 | 2,94257248 | -2,21220236 | 96,8 |
| | Ouro Verde | 3,50539009 | 3,84897242 | -4,19623205 | 99,4 |
| | Jaguariaíva | 0,07200000 | 4,22000000 | -3,48348000 | 99,4 |
| | Pouso Alto | 0,72706735 | 3,96187775 | -3,86125391 | 99,2 |
| | Moqué | 0,61814774 | 4,15286182 | -3,98621905 | 99,4 |
| Sítio | III | 4,72200000 | 3,83000000 | -4,243480000 | 99,6 |
| | IV | 0,47047407 | 3,97817867 | -3,76120094 | 98,9 |
| | V | 0,86265984 | 3,99354696 | -3,96332183 | 99,4 |
| | VI | 0,88129020 | 3,98555430 | -3,96523964 | 99,5 |

TABELA 1.13. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Burkhart para equação de volume comercial até qualquer diâmetro superior, por região e sítio.

| | | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|-------|
| | | α_0 | α_1 | α_2 | R^2 |
| Região | Mocambo | 0,04057758 | 2,94539917 | 2,14498236 | 96,8 |
| | Ouro Verde | 3,26305296 | 3,83403479 | 4,16321877 | 99,4 |
| | Jaguariaíva | 0,06688087 | 4,12945097 | 3,37642295 | 99,4 |
| | Pouso Alto | 0,65681530 | 3,92354572 | 3,79790868 | 99,2 |
| | Moqué | 0,61422400 | 4,15680634 | 3,98816380 | 99,4 |
| Sítio | III | 4,51196067 | 3,75775867 | 4,16553505 | 99,6 |
| | IV | 0,43156407 | 3,92957047 | 3,69252133 | 98,9 |
| | V | 0,85805739 | 3,99256958 | 3,96097529 | 99,4 |
| | VI | 0,97702462 | 3,94769997 | 3,95863483 | 99,5 |

TABELA 1.14. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Burkhart para equação de volume comercial até qualquer altura, por região e sítio.

| | | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | R^2 |
| Região | Mocambo | 1,33252431 | 2,36016740 | 2,45190411 | 99,9 |
| | Ouro Verde | 0,93364184 | 2,43184478 | 2,40997143 | 99,9 |
| | Jaguariaíva | 0,88711387 | 2,50208405 | 2,46460713 | 99,9 |
| | Pouso Alto | 0,97149097 | 2,47859407 | 2,47262518 | 99,8 |
| | Moqué | 0,29204921 | 2,44442510 | 2,05788739 | 99,9 |
| Sítio | III | 0,77560255 | 2,41577120 | 2,33909862 | 99,9 |
| | IV | 0,54708470 | 2,44919028 | 2,26366851 | 99,8 |
| | V | 1,23536801 | 2,51688338 | 2,57636456 | 99,8 |
| | VI | 0,46275954 | 2,40258073 | 2,14885607 | 99,8 |

1.3.4 Eficiência das equações de afilamento na estimativa volumétrica

Os volumes dos sortimentos foram obtidos através das estimativas do diâmetro ao longo do fuste, até obter diâmetro mínimo de 7, 18 e 25 cm, com casca, utilizando-se toras de 2,4 metros. A obtenção dos volumes comerciais deu-se para as quatro classes diamétricas selecionadas nas cinco regiões e quatro sítios, utilizando-se a planilha do Microsoft Excel.

Para cálculo dos volumes comerciais reais, foi utilizada uma rotina computacional, Volsort, em linguagem turbo Basic, desenvolvida por Scolforo (1997b).

Na Tabela 1.15 está ilustrado o percentual de volume por classe diamétrica e por sítio para os quatro modelos testados, podendo-se verificar que, com o aumento da classe diamétrica, há um natural aumento percentual em volume nas diferentes classes de sortimentos.

TABELA 1.15. Percentual de volume/sortimento.

| Classe de sortimento | Classe de diâmetro | Polinômio 5° grau | Polinômio de potência fracionária | Modelo Clutter | Modelo Burkhart |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|
| 7 | 20 25 | 97,7 | 92,5 | 96,7 | 94,8 |
| | 25 30 | 95,3 | 87 | 88 | 86,9 |
| | 30 35 | 79,8 | 94,5 | 95 | 88,9 |
| | 35 40 | 96,4 | 96,3 | 98,1 | 97,8 |
| 18 | 20 25 | 58 | 48,9 | 65,8 | 53,4 |
| | 25 30 | 69,3 | 69,1 | 72,9 | 70,5 |
| | 30 35 | 76,2 | 84,8 | 88,7 | 81,8 |
| | 35 40 | 82,6 | 77,2 | 89,9 | 86,2 |
| 25 | 25 30 | 39,2 | 43 | 49,6 | 31,5 |
| | 30 35 | 68,4 | 62 | 66,7 | 47,1 |
| | 35 40 | 70,2 | 68,1 | 73,3 | 62,3 |

Nas Tabelas 1.16, 1.17 e 1.18 são apresentadas as análises de variância para os sortimentos até 7, 18, 25 cm de diâmetro, respectivamente, com o intuito de estudar a influência das classes diamétricas e das regiões nas estimativas dos volumes comerciais.

TABELA 1.16. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 7 cm de diâmetro com casca (m³) , por classe diamétrica e região.

| F. V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|---------|----------|---------|--------|
| CD | 3 | 37,8712 | 12,62373 | 151,699 | 0,0000 |
| Local | 4 | 0,5809 | 0,14523 | 1,745 | 0,1482 |
| Local x CD | 12 | 1,05368 | 0,08781 | 1,055 | 0,4087 |
| Árvores | 4 | 0,28223 | 0,07056 | 0,848 | 0,4991 |
| Erro _a | 80 | 6,65726 | 0,08322 | | |
| Modelos | 4 | 0,09833 | 0,02458 | 26,418 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 12 | 0,29422 | 0,02452 | 26,349 | 0,0000 |
| Modelo x Local | 16 | 0,38528 | 0,02408 | 25,878 | 0,0000 |
| Modelo x Local x CD | 48 | 0,88556 | 0,01845 | 19,827 | 0,0000 |
| Erro _b | 316 | 0,29404 | 0,00093 | | |
| Total | 499 | 48,4027 | | | |

TABELA 1.17. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 18 cm de diâmetro com casca (m³), por classe diamétrica e região.

| F.V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|----------|----------|---------|--------|
| CD | 3 | 40,04952 | 13,34984 | 193,198 | 0,0000 |
| Local | 4 | 0,81014 | 0,20254 | 2,931 | 0,0257 |
| Local x CD | 12 | 0,60265 | 0,05022 | 0,727 | 0,7213 |
| Árvores | 4 | 0,15244 | 0,03811 | 0,552 | 0,6985 |
| Erro _a | 80 | 5,52795 | 0,06910 | | |
| Modelos | 4 | 0,43857 | 0,10964 | 33,649 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 12 | 0,07725 | 0,00644 | 1,976 | 0,0259 |
| Modelo x Local | 16 | 0,33191 | 0,02074 | 6,366 | 0,0000 |
| Modelo x Local x CD | 48 | 0,36812 | 0,00767 | 2,354 | 0,0000 |
| Erro _b | 316 | 1,02967 | 0,00326 | | |
| Total | 499 | 49,38822 | | | |

TABELA 1.18. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 25 cm de diâmetro com casca (m³), por classe diamétrica e região.

| F. V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|----------|---------|--------|--------|
| CD | 2 | 10,43554 | 5,21777 | 78,704 | 0,0000 |
| Local | 4 | 0,21331 | 0,05333 | 0,804 | 0,5321 |
| Local x CD | 8 | 0,43776 | 0,05472 | 0,825 | 0,5870 |
| Árvores | 2 | 0,18042 | 0,09021 | 1,361 | 0,2719 |
| Erro _a | 30 | 1,98887 | 0,06630 | | |
| Modelos | 4 | 0,38055 | 0,09514 | 41,376 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 8 | 0,07374 | 0,00922 | 4,009 | 0,0003 |
| Modelo x Local | 16 | 0,30322 | 0,01895 | 8,242 | 0,0000 |
| Modelo x Local x CD | 32 | 0,17323 | 0,00541 | 2,354 | 0,0005 |
| Erro _b | 118 | 0,27133 | 0,00230 | | |
| Total | 224 | 14,45798 | | | |

A Análise de variância-ANAVA mostrou que há interação significativa entre modelo, região, e classe diamétrica. Segundo os resultados propiciados pelo teste de Scott e Knott, que constam das Tabelas 1.1 a 1.3 do Apêndice 1.1, na maioria das combinações entre classe de diâmetro e região, os modelos não diferenciaram nas estimativas quando comparados à Cubagem rigorosa. Poderia concluir-se que classe diamétrica e região não tiveram influência

sobre as estimativas dos modelos, porém, em função do conjunto de dados, pequenas variações que podem ser observadas nas Tabelas de 1.1 a 1.3 do Apêndice 1.1 explicam a interação significativa entre modelo, local e classe diamétrica.

Avaliando a Tabela 1.1 do Apêndice 1.1, conclui-se que no caso da combinação entre classe de diâmetro e região, na maioria das vezes o modelo de Amateis e Burkhart (1987) foi que apresentou estimativas mais próximas do real. Esta conclusão vem de encontro à estatística dos ajustes apresentada nas Tabelas 1.13 e 1.14, na qual observa-se que este modelo foi o de melhor ajuste entre as razões de volume.

Nas Tabelas 1.2 e 1.3 do Apêndice 1.1, o polinômio de potência fracionária apresentou estimativas mais próximas do real, confirmando a estatística dos ajustes apresentada na Tabela 1.8, na qual se observou que este modelo foi o de melhor ajuste entre os polinômios. Porém, na Tabela 1.3, o modelo de Clutter teve desempenho similar ao polinômio de potência fracionária.

Nas Tabelas 1.19, 1.20 e 1.21 são apresentadas as análises de variância para os sortimentos até 7, 18 e 25 cm de diâmetro mínimo com casca, respectivamente, com o intuito de estudar a influência das classes diamétricas e dos sítios, nas estimativas dos volumes comerciais.

A ANAVA mostra a significância da interação entre modelo, sítio e classe diamétrica.

TABELA 1.19. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 7 cm de diâmetro com casca (m³), por classe diamétrica e sítio.

| F. V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|----------|---------|---------|--------|
| CD | 3 | 26,60254 | 8,86751 | 100,967 | 0,0000 |
| Sítio | 3 | 0,61904 | 0,20635 | 2,350 | 0,0807 |
| Sítio x CD | 9 | 0,94324 | 0,10480 | 1,193 | 0,3148 |
| Árvores | 4 | 1,29522 | 0,32380 | 3,687 | 0,0092 |
| Erro _a | 64 | 5,62086 | 0,08783 | | |
| Modelos | 4 | 0,15469 | 0,03867 | 98,485 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 12 | 0,14856 | 0,01238 | 31,528 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio | 12 | 0,31458 | 0,02622 | 66,762 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio x CD | 36 | 0,47392 | 0,01316 | 33,526 | 0,0000 |
| Erro _b | 252 | 0,09895 | 0,00039 | | |
| Total | 399 | 39,27159 | | | |

TABELA 1.20. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 18 cm de diâmetro com casca (m³), por classe diamétrica e sítio.

| F. V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|----------|----------|---------|--------|
| CD | 3 | 39,6082 | 13,20273 | 173,024 | 0,0000 |
| Sítio | 3 | 0,23584 | 0,07861 | 1,030 | 0,3852 |
| Sítio x CD | 9 | 0,62558 | 0,06951 | 0,911 | 0,5215 |
| Árvores | 4 | 0,50818 | 0,12705 | 1,665 | 0,1691 |
| Erro _a | 64 | 4,88358 | 0,07631 | | |
| Modelos | 4 | 0,14267 | 0,03567 | 108,406 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 12 | 0,03380 | 0,00282 | 8,561 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio | 12 | 0,08347 | 0,00696 | 21,143 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio x CD | 36 | 0,06068 | 0,00169 | 5,123 | 0,0000 |
| Erro _b | 252 | 0,08291 | 0,00033 | | |
| Total | 399 | 46,26492 | | | |

TABELA 1.21. Análise de variância para o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas — volume comercial até 25 cm de diâmetro com casca (m³), por classe diamétrica e sítio.

| F. V. | G. L. | SQ | QM | F | Pr > F |
|---------------------|-------|----------|---------|--------|--------|
| CD | 2 | 16,25901 | 8,12950 | 95,794 | 0,0000 |
| Sítio | 3 | 0,35853 | 0,11951 | 1,408 | 0,2518 |
| Sítio x CD | 6 | 0,15562 | 0,02594 | 0,306 | 0,9310 |
| Árvores | 4 | 0,47544 | 0,11886 | 1,401 | 0,2480 |
| Erro _a | 48 | 4,07347 | 0,08486 | | |
| Modelos | 4 | 0,32527 | 0,08132 | 69,841 | 0,0000 |
| Modelos x CD | 8 | 0,05485 | 0,00686 | 5,888 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio | 12 | 0,28235 | 0,02353 | 20,209 | 0,0000 |
| Modelo x Sítio x CD | 24 | 0,12241 | 0,00510 | 4,380 | 0,0000 |
| Erro _b | 188 | 0,21889 | 0,00116 | | |
| Total | 299 | 22,32584 | | | |

Analisando o teste de Scott e Knott nas Tabelas 1.1 a 1.3 do Apêndice 1.2, verifica-se que, na maioria das combinações classe de diâmetro e sítio, os modelos diferenciaram nas estimativas quando comparados à Cubagem rigorosa. Os sítios nas classes diamétricas influenciaram nas estimativas em todas as combinações (classe de diâmetro e sítio), o que explica a interação significativa entre modelo, sítio e classe de diâmetro.

Verificando as Tabelas 1.1 e 1.2 do Apêndice 1.2, dentro de cada combinação classe de diâmetro e sítio observa-se que para a maioria delas o modelo de Amateis e Burkhart (1987) apresentou estimativas mais próximas do real, justificando as melhores medidas de precisão obtidas no ajuste destes modelos. (Tabelas 1.13 e 1.14)

Na Tabela 3 do Apêndice 1.2 observa-se que, na maioria das combinações (classe de diâmetro e sítio), os polinômios de 5º grau e de potência fracionária apresentaram estimativas mais precisas quando comparados à Cubagem rigorosa.

1.4 CONCLUSÕES

- Com base nas medidas de precisão e na análise gráfica dos resíduos, o polinômio de potência fracionária e a razão de volume de Amateis e Burkhart (1987) ajustaram-se melhor ao conjunto de dados.

- Os ajustes dos modelos por sítio foram superiores aos ajustes por região.

- Nas estimativas volumétricas para região, verificou-se que não houve influência da combinação entre classe diamétrica e região nas estimativas dos modelos.

- Para as regiões, na classe de sortimento 7 cm, observa-se que o modelo de Amateis e Burkhart propiciou estimativas que mais se aproximaram do real. Porém, para as classes de sortimentos de 18 e 25 cm, o polinômio de potência fracionária foi mais eficiente.

- Nas estimativas volumétricas para sítio, verifica-se que houve influência da combinação entre classe de diâmetro e sítio, nas estimativas dos modelos.

- Para os sítios, nas classes de sortimentos 7 e 18 cm, observa-se que o modelo de Amateis e Burkhart (1987) propiciou estimativas mais próximas do real. Porém, na classe de sortimento 25 cm, os polinômios do 5º grau e de potência fracionária foram mais eficientes.

- No conjunto de dados do presente trabalho, verifica-se que deve-se preferir o ajuste das equações de afilamento, por sítio e classe de diâmetro, além da utilização do modelo de Amateis e Burkhart (1987) ou polinômio de potência fracionária para as estimativas dos sortimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E. Cubic-foot volume equations for loblolly pine trees in cutover site-prepared plantations. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 11, n. 4, p.190-192, Nov.1987.
- CLUTTER, J.L. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 1, p.117-120, Mar. 1980.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 83, p.36-46, 1996a.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Number of diameters required to represent stem profiles using interpolated cubic splines. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.26, p.1113-1121, July 1996b.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, C.G.de; MOURA, J.B.de; CUNHA, U.S.da. Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliotti*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p. 501-503.
- FURTADO, D.F. **Sistema de análise de variância para dados balanceados - SISVAR**. Lavras: UFLA/DCE, 1997. (Programa para Análises Estatísticas: Disquete).
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para florestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66p.
- GUIMARÃES, D.P.; LEITE, H.G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n.2, p.170-180, maio/ago. 1992.
- HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abstrakterkeiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschung projekten)**. Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p. (Documentos, 18).
- LIU, C.J. Log volume estimation with spline approximation. **Forest Science**, Washington, v.26,n.3, p.361-369, Sept. 1980.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympo/ Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Paraná, 1981. 450p.

- MAX, T.A.; BURKHART, H.E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Washington, v.22, n.3, p.283-289, Sept. 1976.
- ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica por unidade de área em povoamento de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFP, 1989. 163p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- SCHOEPFER, W. **Automatisierung des Massen, Sorten und Wertberechnung stender Waldbestände Schriftenreihe Bad.** [S.l.]: Wurttt-Forstl., 1966. n.p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Modelo de prognose com simulador de desbaste para *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1997a. 75p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Programa para cálculo de volumes comerciais e totais - VOLSORT.** Lavras: UFLA/DCF, 1997b. (Programa para Cálculo de Volumes Parciais ou/e Totais: Disquete).
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v.30, n.3, p. 507-512, Sept. 1974.
- SOARES, J.B. **Otimização do sortimento de produtos florestais a partir de funções de distribuição diamétrica e funções de forma.** Viçosa: UFV, 1993. 105p. (Tese - Mestrado em Engenharia Florestal).

APÊNDICE

APÊNDICE 1.1

TABELA 1.1. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 7 cm de diâmetro com casca, para toras de 2.4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e região.

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0.05) |
|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 20 25 | Mocambo | P. quinto grau | 0,38384 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,33322 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,3815 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,37024 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,37112 | 2 |
| 25 30 | Mocambo | P. quinto grau | 0,50944 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,51404 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,52786 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,51998 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,51722 | 1 |
| 30 35 | Mocambo | P. quinto grau | 0,90064 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,91274 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,91464 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,90711 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,91732 | 1 |
| 35 40 | Mocambo | P. quinto grau | 1,07744 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 1,07488 | 2 |
| | | M. Clutter | 1,09900 | 2 |
| | | M. Burkhart | 1,08887 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,82110 | 1 |
| 20 25 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,38818 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,38768 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,37260 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,37004 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,35888 | 1 |
| 25 30 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,57328 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,57620 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,54764 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,54525 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,53164 | 1 |

Continua...

TABELA 1.1. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 30 35 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,83616 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,84044 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,81032 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,80622 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,78924 | 1 |
| 35 40 | Ouro Verde | P. quinto grau | 1,02576 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,03112 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,04018 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,03501 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,01904 | 1 |
| 20 25 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,27570 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,23876 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,26994 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,26413 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,25758 | 1 |
| 25 30 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,43474 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,44364 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,46478 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,46203 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,44406 | 1 |
| 30 35 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,76422 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,51048 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,79000 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,78453 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,77184 | 2 |
| 35 40 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 1,11478 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,10574 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,14776 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,14767 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,13106 | 1 |
| 20 25 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,33978 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,33716 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,33548 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,33187 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,31966 | 1 |

Continua...

TABELA 1.1. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 25 30 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,52128 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,52406 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,53334 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,52420 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,52672 | 1 |
| 30 35 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,62100 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,75112 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,76486 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,75886 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,75164 | 2 |
| 35 40 | Pouso Alto | P. quinto grau | 1,07404 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,08676 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,06036 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,05683 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,04702 | 1 |
| 20 25 | Moquéim | P. quinto grau | 0,26884 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,27138 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,27978 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,27123 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,26254 | 1 |
| 25 30 | Moquéim | P. quinto grau | 0,50832 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,51622 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,5278 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,51915 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,5171 | 1 |
| 30 35 | Moquéim | P. quinto grau | 0,25830 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,73616 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,75692 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,74868 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,75468 | 2 |
| 35 40 | Moquéim | P. quinto grau | 1,00952 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,00532 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,03004 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,02313 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,01204 | 1 |

TABELA 1.2. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 18 cm de diâmetro com casca, para toras de 2,4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e região.

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 20 25 | Mocambo | P. quinto grau | 0,15387 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,17066 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,44481 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,14916 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,18778 | 1 |
| 25 30 | Mocambo | P. quinto grau | 0,43069 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,43563 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,50279 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,36489 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,44780 | 2 |
| 30 35 | Mocambo | P. quinto grau | 0,64462 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,64984 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,69778 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,58182 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,66594 | 2 |
| 35 40 | Mocambo | P. quinto grau | 0,95262 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,95134 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,98904 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,90236 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,00322 | 1 |
| 20 25 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,20249 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,16163 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,19002 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,15735 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,18402 | 1 |
| 25 30 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,45140 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,45368 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,50614 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,47524 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,47382 | 1 |

Continua...

TABELA 1.2. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|-------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 30 35 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,80659 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,84605 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,87731 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,85993 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,82588 | 1 |
| 35 40 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,93820 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,95009 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,02691 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,00161 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,98548 | 1 |
| 20 25 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,24652 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,13856 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,27083 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,23369 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,21166 | 2 |
| 25 30 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,39115 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,38089 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,44962 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,43614 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,39278 | 1 |
| 30 35 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,69612 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,51440 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,76328 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,73262 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,71282 | 2 |
| 35 40 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,97675 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,98047 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,05168 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,03127 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,98876 | 1 |
| 20 25 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,22133 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,21072 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,23749 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,21717 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,17910 | 1 |

Continua...

TABELA 1.2. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 25 30 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,43921 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,43669 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,50555 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,47298 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,46802 | 1 |
| 30 35 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,66615 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,69673 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,73966 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,71691 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,69254 | 1 |
| 35 40 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,94869 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,96824 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,99494 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,96516 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,95142 | 1 |
| 20 25 | Moquém | P. quinto grau | 0,15982 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,14855 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,19367 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,11102 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,18278 | 1 |
| 25 30 | Moquém | P. quinto grau | 0,37056 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,33810 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,43548 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,33481 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,39092 | 2 |
| 30 35 | Moquém | P. quinto grau | 0,42467 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,62413 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,68914 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,58315 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,64742 | 3 |
| 35 40 | Moquém | P. quinto grau | 0,72940 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,91018 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,93158 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,84186 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,89022 | 2 |

TABELA 1.3. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 25 cm de diâmetro com casca, para toras de 2,4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e região.

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 25 30 | Mocambo | P. quinto grau | 0,17155 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,21921 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,39581 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,14675 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,17380 | 1 |
| 30 35 | Mocambo | P. quinto grau | 0,50220 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,47080 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,58623 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,32542 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,46703 | 2 |
| 35 40 | Mocambo | P. quinto grau | 0,77710 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,76892 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,86150 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,62786 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,85837 | 3 |
| 25 30 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,17132 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,16258 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,28305 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,20584 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,17073 | 1 |
| 30 35 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,47263 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,48083 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,66881 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,64710 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,59107 | 2 |
| 35 40 | Ouro Verde | P. quinto grau | 0,65682 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,62095 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,70338 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,65093 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,63087 | 1 |

Continua...

TABELA 1.3. Continuação.

| Classe de Diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 25 30 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,21949 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,22477 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,31794 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,25551 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,33000 | 2 |
| 30 35 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,44899 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,34459 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,51350 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,55440 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,51773 | 2 |
| 35 40 | Jaguariaíva | P. quinto grau | 0,85086 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,82130 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,88760 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,84242 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,78227 | 1 |
| 25 30 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,18730 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,23271 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,29245 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,22057 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,27460 | 2 |
| 30 35 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,55624 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,48593 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,55657 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,47335 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,47440 | 1 |
| 35 40 | Pouso Alto | P. quinto grau | 0,76558 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,77246 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,78475 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,72402 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,72513 | 1 |
| 25 30 | Moquém | P. quinto grau | 0,17677 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,17877 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,23213 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,10212 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,28170 | 3 |

Continua...

TABELA 1.3. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Regiões | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|---------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 30 35 | Moquém | P. quinto grau | 0,34605 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,32390 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,51051 | 4 |
| | | M. Burkhart | 0,25387 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,41570 | 3 |
| 35 40 | Moquém | P. quinto grau | 0,80276 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,76176 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,79479 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,58288 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,75757 | 2 |

APÊNDICE 1.2

TABELA 1.1. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 7 cm de diâmetro com casca, para toras de 2,4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e sítios.

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 20 25 | III | P. quinto grau | 0,34850 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,74820 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,33552 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,33514 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,31530 | 1 |
| 25 30 | III | P. quinto grau | 0,46180 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,46394 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,46126 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,45704 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,44980 | 1 |
| 30 35 | III | P. quinto grau | 0,71486 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,72928 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,70362 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,69808 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,69180 | 1 |
| 35 40 | III | P. quinto grau | 1,10336 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 1,24758 | 3 |
| | | M. Clutter | 1,05298 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,05410 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,03800 | 1 |
| 20 25 | IV | P. quinto grau | 0,44370 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,35924 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,34314 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,33074 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,33054 | 1 |

Continua...

TABELA 1.1. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 25 30 | IV | P. quinto grau | 0,59634 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,59782 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,59908 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,59040 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,58276 | 1 |
| 30 35 | IV | P. quinto grau | 0,90864 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,91790 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,94044 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,92862 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,93076 | 1 |
| 35 40 | IV | P. quinto grau | 1,05562 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,05720 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,06032 | 1 |
| | | M. Burkhart | 1,05230 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,04328 | 1 |
| 20 25 | V | P. quinto grau | 0,33326 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,33934 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,32958 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,32520 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,31948 | 1 |
| 25 30 | V | P. quinto grau | 0,49384 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,49950 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,50676 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,49858 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,49046 | 1 |
| 30 35 | V | P. quinto grau | 0,79724 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,80294 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,80034 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,79716 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,77252 | 1 |
| 35 40 | V | P. quinto grau | 1,05560 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,05818 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,08894 | 2 |
| | | M. Burkhart | 1,08494 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,03828 | 1 |

Continua...

TABELA 1.1. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 20 25 | VI | P. quinto grau | 0,32302 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,33102 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,44515 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,32830 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,32162 | 1 |
| 25 30 | VI | P. quinto grau | 0,46732 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,47722 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,49448 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,51216 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,47204 | 1 |
| 30 35 | VI | P. quinto grau | 0,76804 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,75490 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,74513 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,77996 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,77592 | 2 |
| 35 40 | VI | P. quinto grau | 0,93532 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,94396 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,93324 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,93042 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,77310 | 1 |

TABELA 1.2. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 18 cm de diâmetro com casca, para toras de 2,4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e sítios.

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 20 25 | III | P. quinto grau | 0,19548 | 3 |
| | | P. potência fracionária | 0,19912 | 3 |
| | | M. Clutter | 0,16139 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,12876 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,22246 | 4 |
| 25 30 | III | P. quinto grau | 0,37001 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,37275 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,38572 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,34892 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,34112 | 1 |
| 30 35 | III | P. quinto grau | 0,64173 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,63562 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,70198 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,67900 | 3 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,66240 | 2 |
| 35 40 | III | P. quinto grau | 1,08243 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 1,08162 | 2 |
| | | M. Clutter | 1,08651 | 2 |
| | | M. Burkhart | 1,05298 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,03470 | 1 |
| 20 25 | IV | P. quinto grau | 0,22235 | 3 |
| | | P. potência fracionária | 0,19931 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,25388 | 4 |
| | | M. Burkhart | 0,13419 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,18640 | 2 |
| 25 30 | IV | P. quinto grau | 0,42899 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,45196 | 3 |
| | | M. Clutter | 0,51815 | 4 |
| | | M. Burkhart | 0,38880 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,46328 | 3 |

Continua...

TABELA 1.2. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 30 35 | IV | P. quinto grau | 0,77191 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,78330 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,85013 | 4 |
| | | M. Burkhart | 0,72324 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,80130 | 3 |
| 35 40 | IV | P. quinto grau | 1,03744 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,06556 | 2 |
| | | M. Clutter | 1,11521 | 3 |
| | | M. Burkhart | 1,02117 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,07642 | 2 |
| 20 25 | V | P. quinto grau | 0,21858 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,22123 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,25297 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,20510 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,20658 | 1 |
| 25 30 | V | P. quinto grau | 0,39302 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,39890 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,43373 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,39603 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,38500 | 1 |
| 30 35 | V | P. quinto grau | 0,65739 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,67545 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,72688 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,68168 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,67344 | 1 |
| 35 40 | V | P. quinto grau | 1,02264 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 1,04119 | 1 |
| | | M. Clutter | 1,10930 | 3 |
| | | M. Burkhart | 1,08664 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 1,07174 | 2 |
| 20 25 | VI | P. quinto grau | 0,14739 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,13589 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,18637 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,14734 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,14828 | 1 |

Continua...

TABELA 1.2. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|----------------------------|--------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 25 30 | VI | P. quinto grau | 0,45400 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,48015 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,50205 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,49757 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,45732 | 1 |
| 30 35 | VI | P. quinto grau | 0,68355 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,67941 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,72987 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,69494 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,69878 | 1 |
| 35 40 | VI | P. quinto grau | 0,85677 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,94904 | 3 |
| | | M. Clutter | 0,95554 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,92725 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,92214 | 2 |

TABELA 1.3. Resultado da aplicação do teste de Scott e Knott para o volume comercial da árvore até 25 cm de diâmetro com casca, para toras de 2,4 metros de *Pinus taeda*, na região nordeste do Paraná, segundo as classes de diâmetro e sítios.

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 25 30 | III | P. quinto grau | 0,23106 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,17419 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,19236 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,17101 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,27130 | 2 |
| 30 35 | III | P. quinto grau | 0,37579 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,32925 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,45505 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,40224 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,38358 | 2 |
| 35 40 | III | P. quinto grau | 0,82295 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,74972 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,81788 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,72757 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,74918 | 1 |
| 25 30 | IV | P. quinto grau | 0,23869 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,19883 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,31990 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,19130 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,33837 | 3 |
| 30 35 | IV | P. quinto grau | 0,50739 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,48852 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,60157 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,33162 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,50464 | 2 |
| 35 40 | IV | P. quinto grau | 0,86396 | 3 |
| | | P. potência fracionária | 0,82476 | 2 |
| | | M. Clutter | 0,92075 | 4 |
| | | M. Burkhart | 0,63814 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,78738 | 2 |

Continua...

TABELA 1.3. Continuação

| Classe de diâmetro (cm) | Sítios | Métodos | Médias (m ³) | Scott e Knott (P>0,05) |
|-------------------------|--------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 25 30 | V | P. quinto grau | 0,22553 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,25936 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,29988 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,24730 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,23372 | 1 |
| 30 35 | V | P. quinto grau | 0,49556 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,45442 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,52462 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,45755 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,45714 | 1 |
| 35 40 | V | P. quinto grau | 0,83479 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,80867 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,90186 | 2 |
| | | M. Burkhart | 0,83419 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,88262 | 2 |
| 25 30 | VI | P. quinto grau | 0,16404 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,16940 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,17781 | 1 |
| | | M. Burkhart | 0,16987 | 1 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,16676 | 1 |
| 30 35 | VI | P. quinto grau | 0,49695 | 2 |
| | | P. potência fracionária | 0,44791 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,55243 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,50083 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,44998 | 1 |
| 35 40 | VI | P. quinto grau | 0,68517 | 1 |
| | | P. potência fracionária | 0,66229 | 1 |
| | | M. Clutter | 0,80140 | 3 |
| | | M. Burkhart | 0,75187 | 2 |
| | | Cubagem rigorosa | 0,70858 | 1 |

CAPÍTULO 2

EFICIÊNCIA DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO PARA REPRESENTAR O PERFIL DO TRONCO DE *Pinus taeda*

RESUMO

FISCHER, Fernando. **Eficiência das equações de afilamento para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. In: - Eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil do fuste de *Pinus taeda*. Lavras: UFLA, 1997. Cap.2. 167p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)**

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a eficiência das razões de volume compatíveis com sua respectiva função de afilamento, os modelos polinomiais de potência inteira e o de potência fracionária, e a influência das classes de diâmetro, produtividade dos sítios e diferentes regiões na eficiência dos ajustes para representação do perfil de *Pinus taeda* na região nordeste do Paraná. Os dados são provenientes da Empresa Pisa Papel Imprensa S.A. situada no município de Jaguariaíva, no Estado do Paraná. Foram cubadas 304 árvores, das quais foram medidas as alturas relativas, através do penta-prisma sobre tripé com base regulável e com suunto acoplado. Nas proximidades de cada árvore cubada foi lançada uma parcela e medida a altura das árvores dominantes. Pôde-se, assim, efetuar a classificação de sítio no local de cada cubagem. Para a classificação de sítio foi utilizada a equação desenvolvida por Scolforo (1997), sendo os dados agrupados em classes de diâmetro, em intervalos de 5 cm. Para avaliação da eficiência das estimativas do perfil do fuste, foram utilizadas as seguintes estatísticas: desvio (Bias); desvio padrão das diferenças; soma do quadrado do resíduo relativo; porcentagem dos resíduos. Verificou-se que o ajuste das equações de afilamento devem ser preferidos por sítio e classe de diâmetro, além da utilização do modelo polinomial de potência fracionária para as estimativas do perfil do fuste.

Palavras-chave: funções de afilamento, perfil do tronco, *Pinus taeda*

ABSTRACT

EFFICIENCY OF TAPER EQUATIONS TO DESCRIBE STEM PROFILE OF *Pinus taeda* WOOD. IN: EFFICIENCY OF POLYNOMIAL MODELS AND VOLUME RATIO FOR VOLUMETRIC ESTIMATE OF ASSORTMENTS AND FOR STEM PROFILE DESCRIPTION OF *Pinus taeda*.

The objectives of the present research work were: to evaluate the efficiency of compatible volume ratios with its respective taper functions, polynomial models with entire powers, and fractional powers, as well as the influence of diameter classes, sites and administrative regions on the fitting efficiency to represent the stem profile of *Pinus taeda*. The data came from the enterprise "Pisa Papel Impresa S.A." located in the Jaguaruaíva country, northeastern of the Paraná state. Diameters at relative heights along the stems of 304 trees were measured by using a penta prism caliper on tripod with regulated base and with a complod suunto hypsometer. A sampling plot was instaled in the vicinity of every cubed tree, from which dominant heights were measured for site classification, by using the equations developed by Scolforo (1997). Then the data were grouped in diameter classes with 5 cm intervals the following statistics were used to evaluate the efficiency of stem profile estimates: bias, standart deviation of the differences; sum of the relative residual square; residual percentage. It was verified that the taper equations fitting, should be done by site and by diameter classes, beside the utilization of polynomial model with fractional power for estimates of the stem profile.

Key words: taper functions, stem profile, *Pinus taeda*

2.1 INTRODUÇÃO

Muitos pesquisadores têm envidado esforços para obter um modelo que descreva com precisão o perfil de fuste de árvores, na expectativa de estimar o diâmetro a qualquer altura ao longo do fuste e a altura até qualquer diâmetro especificado. Este dado permite quantificar o número de toras com bitola e comprimentos pré-definidos ou os múltiplos produtos da madeira. Normalmente, por meio da integração das funções de afilamento obtém-se expressões que permitem calcular o volume destes múltiplos produtos da madeira e mesmo de toda a árvore.

O primeiro trabalho para descrever o perfil do tronco foi feito por Hojer em 1903 e, após este, muitos outros modelos foram propostos. No Brasil, as funções de afilamento têm sido usadas desde 1970, e vários modelos foram utilizados para descrever o perfil do tronco no Brasil, podendo-se citar os trabalhos de Silva (1982); Ahrens (1980); Borges (1981); Jorge (1982); Machado e Schopfer (1982); Campos e Ribeiro (1982); Guimarães (1982); Schneider (1986); Lima (1986); Campos et al. (1987); Friedl (1989); Rosot (1989); Guimarães e Leite (1992); Soares (1993); Campos, Leite e Oliveira (1993); Figueiredo Filho et al. (1993); Jorge e Lara (1993); Garcia, Leite e Yared (1993); Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996), dentre outros. De maneira geral, os trabalhos foram desenvolvidos buscando verificar, por meio de análise comparativa, qual modelo foi mais eficiente.

A aplicação destas funções de afilamento é um poderoso instrumento para avaliar biológica e economicamente o maciço florestal e a resposta às práticas de manejo executadas, já que permite valorar de maneira detalhada quanto renderá o povoamento florestal.

O seu uso em escala comercial, no entanto, está condicionado à existência de softwares que tornem rápido o processamento do inventário florestal, com o objetivo de estimar

os múltiplos produtos da madeira. Outro elemento de grande importância está em conhecer como a função de afilamento estima a base, o meio e o topo da árvore, principalmente para diferentes condições de ajuste.

Segundo Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996), o polinômio do 5º grau tem sido o mais usado para descrever o perfil de *Pinus Taeda* e *Pinus elliotti* na região sul do Brasil. O uso cada vez mais diversificado da madeira de *Pinus* sp nesta região para celulose, madeira serrada e madeira laminada, em diferentes bitolas e comprimentos, estimula cada vez mais o uso das funções de afilamento. No entanto, é necessário identificar quais variáveis podem auxiliar a melhorar a eficiência destas estimativas. Estabeleceu-se, então, como objetivos deste trabalho, avaliar a eficiência das razões de volume compatíveis com a função de afilamento, os modelos polinomiais de potência inteira e o de potência fracionária, e a influência das classes de diâmetro, da produtividade dos sítios e das diferentes regiões na eficiência dos ajustes para representar o perfil de *Pinus taeda* na região nordeste do Paraná.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização e características da área

A área em estudo, de propriedade da Empresa Pisa Papel Imprensa S.A., está situada no município de Jaguariaíva, estado do Paraná, entre os paralelos 24° e 24° 30' de latitude sul e os meridianos 49° 30' e 50° de longitude oeste de Greenwich, com altitude variando entre 700 e 1100 m.

Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, subtropical quente-temperado, caracterizado por apresentar temperatura média inferior a 22⁰C no mês mais quente do ano. O mês mais chuvoso é janeiro, cuja precipitação média é de 225,4 mm e não há estação seca definida. Segundo os dados da Estação Meteorológica de Jaguariaíva, a temperatura média anual da região é de 17,7⁰C, sendo que a do mês mais quente em torno de 21,3⁰C e a do mês mais frio, 13,4⁰C. Ocorrem algumas geadas por ano (Maack, 1981).

A vegetação original é denominada campo cerrado (estepe arbustiva de gramínea baixa), mas a região hoje concentra inúmeras áreas reflorestadas que se baseiam principalmente em *Pinus taeda*, *Pinus elliotti*, e *Araucaria angutifolia*.

O solo predominante na região é arenoso com afloramentos de rocha e relevo variando de ondulado a fortemente ondulado. (Instituto Agrônômico do Paraná, 1994; Golfari, Caser, Moura, 1978).

2.2.2 Cubagem rigorosa

Foram cubadas 304 árvores de *Pinus taeda* distribuídas em cinco regiões da empresa, nas quais foram medidos os diâmetros nas alturas relativas de 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 1,3 metros do solo, 10%, 15%, 25%, 35%, ... , 95% da altura total da árvore. Para as alturas relativas de 1%, 2%, ... ,5%, bem como a 1,30 m do solo , os diâmetros foram medidos com fita métrica. Para as demais alturas utilizou-se o penta-prisma sobre tripé com base regulável e com sunto acoplado, sem que a árvore tivesse que ser abatida.

2.2.3 Classificação de sítio

Na proximidade de cada árvore cubada foi instalada uma parcela de 15x20 metros, com objetivo de identificar a altura dominante. Foi mensurada a altura das três árvores mais grossas da parcela, resultando na altura média das árvores dominantes. De posse de cada par de altura dominante-idade foi possível identificar o índice de sítio do local onde foi cubada cada árvore. A equação de sítio utilizada foi desenvolvida por Scolforo (1997) e apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 97,48% e erro padrão residual (s_{yx}) igual a 1,187 metros. A equação é:

$$Hd = 52.3735174 \cdot \left(\frac{S}{52.3735174} \right)^{\frac{\ln(1 - \exp(-0.0275482 I))}{\ln(1 - \exp(-0.0275482 I_{ref}))}}$$

A Tabela 2.1 é apresenta a distribuição das árvores cubadas por classe e índice de sítio.

TABELA 2.1. Distribuição das árvores por classe diamétrica nos diferentes sítios.

| Classe diamétrica | I | II | III | IV | V | VI |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 10 15 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 15 20 | 0 | 3 | 12 | 8 | 5 | 2 |
| 20 25 | 0 | 2 | 23 | 18 | 12 | 16 |
| 25 30 | 0 | 1 | 14 | 16 | 12 | 15 |
| 30 35 | 0 | 1 | 8 | 16 | 12 | 14 |
| 35 40 | 0 | 1 | 11 | 17 | 12 | 8 |
| 40 45 | 0 | 2 | 4 | 16 | 7 | 2 |
| 45 50 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| 50 55 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 55 60 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 0 | 10 | 78 | 97 | 61 | 58 |

2.2.4 Distribuição diamétrica

Na Tabela 2.2 estão apresentadas por classe diamétrica e por região de estudo, a frequência das árvores cubadas rigorosamente.

TABELA 2.2. Distribuição das árvores por classe diamétrica e região.

| Classe diamétrica | Mocambo | Ouro Verde | Jaguariaíva | Pouso Alto | Moquém |
|-------------------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|
| 10 15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 15 20 | 3 | 5 | 8 | 2 | 12 |
| 20 25 | 15 | 13 | 13 | 12 | 18 |
| 25 30 | 13 | 14 | 15 | 11 | 5 |
| 30 35 | 12 | 10 | 12 | 12 | 5 |
| 35 40 | 13 | 9 | 8 | 13 | 6 |
| 40 45 | 6 | 7 | 4 | 9 | 5 |
| 45 50 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 50 55 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 55 60 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 62 | 63 | 65 | 60 | 54 |

2.2.5 Arquivos para ajuste dos polinômios e das razões de volume

Foram estruturados dois arquivos de dados: um que possibilitou os ajustes por classes de diâmetro do polinômio do 5^o grau e do modelo de potência fracionária, e outro, elaborado após a obtenção dos volumes totais e comerciais até um diâmetro mínimo de 7; 18; 25 e 35 cm com casca, assim como das respectivas alturas. A partir desse arquivo, pôde-se obter as funções que expressam a razão entre volumes, através das quais também chega-se às funções de afilamento.

2.2.6 Funções de afilamento

Foram utilizadas as funções de afilamento do 5^o grau desenvolvidas por Schopfer (1966) e a função de potência fracionária apresentada por Hradetzky em 1976. Utilizou-se também as razões de volume compatíveis, conforme apresentado por Clutter (1980) e Amateis e Burkhart (1987).

Nos modelos polinomiais, a variável dependente é expressa pela razão entre o diâmetro tomado ao longo do fuste (d_i) e o diâmetro a 1,30 metros (D) ou diâmetro a 10% da altura ($D_{0,1}$), ou seja $\left(\frac{d_i}{D}\right)$. Já as variáveis independentes caracterizam-se pela razão entre a altura tomada ao longo do fuste (h_i) e a altura total (H) elevada a potência π_i , ou seja $\left(\frac{h_i^{\pi_i}}{H^{\pi_i}}\right)$.

No caso do polinômio do 5^o grau, estas potências são 1; 2; 3; 4 e 5.

O modelo de potência fracionária deve ser construído para cada situação de trabalho. Neste estudo foi utilizado o método “Stepwise”, em que foram consideradas, no modelo

cheio, as seguintes potências: 0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 e 25. A expectativa é que as potências (pi) fracionárias e inteiras para a razão altura ao longo do fuste (h_i) e a altura total (H), ou seja, $\left(\frac{h_i^{p_i}}{H^{p_i}}\right)$ possibilitem representar melhor o perfil do topo da árvore. As potências unitárias representam melhor a seção intermediária, as potências com grandezas de dezenas a base da árvore, e as potências fracionárias o topo da árvore, conforme pode-se visualizar na Figura 2.1.

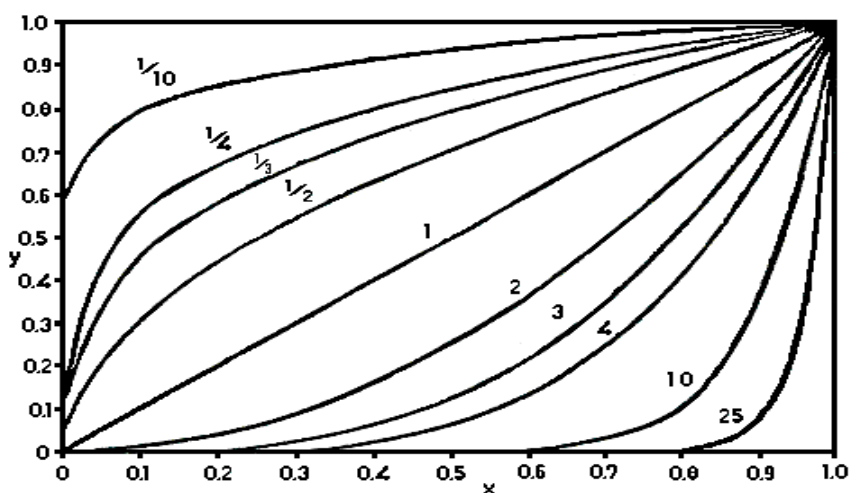


FIGURA 2.1. Efeito das potências na forma da função de afilamento.

No caso do modelo de Clutter (1980), o fundamento é que uma equação de volume comercial de topo variável define a função de afilamento, considerando o modelo de Schumacher e Hall ($V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} + e_i$) e a razão de volume [$V_c = V(1 - \alpha_0 d^{\alpha_1} D^{\alpha_2})$]. Aplicando o conceito de integral e derivada obtém-se a função de afilamento que propicia obter a altura correspondente

a qualquer diâmetro e o diâmetro a qualquer altura. Tal detalhamento é encontrado em Clutter (1980).

No caso do modelo de Amateis e Burkhart (1987), são utilizadas duas razões de volume, sendo que uma das razões $[V_c = V \left(1 - \alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}}\right)]$ é função do diâmetro e a outra

$[V_c = V_t \left(1 - \beta_0 \frac{(H-h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}}\right)]$ é função da altura. Igualando as funções $\alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}} = \beta_0 \frac{(H-h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}}$ e

isolando o d , tem-se a função de afilamento que propicia obter o diâmetro a qualquer altura. Se for isolada a variável altura, obtém-se a função que propicia obter a altura correspondente a qualquer diâmetro.

Na Tabela 2.3 estão apresentadas as formas de ajustes e as funções de afilamento que propiciam implementar o estudo em questão.

O ajuste das funções de afilamento polinomiais foi efetuado por classe diamétrica para cada região considerada neste estudo e também para cada classe de sítio. Já o ajuste das razões de volume e a equação de volume total foram efetuadas para região e também por classe de sítio.

TABELA 2.3. Formas de ajuste e de uso dos polinômios e razões de volume.

| Modelo | Forma de: | |
|------------------------------------|-----------|--|
| Polinômio do 5º grau | Ajuste | $\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^2}{H^2}\right) + \beta_3 \left(\frac{h_i^3}{H^3}\right) + \beta_4 \left(\frac{h_i^4}{H^4}\right) + \beta_5 \left(\frac{h_i^5}{H^5}\right)$ |
| | Uso | $d_i = D[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^2}{H^2}\right) + \beta_3 \left(\frac{h_i^3}{H^3}\right) + \beta_4 \left(\frac{h_i^4}{H^4}\right) + \beta_5 \left(\frac{h_i^5}{H^5}\right)]$ |
| Polinômio de potência fracionária | Ajuste | $\frac{d_i}{D} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i^{p1}}{H^{p1}}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^{p2}}{H^{p2}}\right) + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i^{pn}}{H^{pn}}\right) + e_i$ |
| | Uso | $d_i = D[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i^{p1}}{H^{p1}}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i^{p2}}{H^{p2}}\right) + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i^{pn}}{H^{pn}}\right) + e_i]$ |
| Razão de volume de Clutter | Ajuste | $V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} + e_i$ $V_c = V(1 - \alpha_0 d^{\alpha_1} D^{\alpha_2})$ |
| | Uso | $d = \left\{ K \frac{1}{\beta_0 D^{\beta_1} \cdot H^{\beta_2}} \cdot \frac{1}{\alpha_0} \cdot D^{-\alpha_2} \left[\frac{\alpha_1 - 2}{\alpha_1} \right] (H - h) \right\}^{\frac{1}{(\alpha_0^{-2})}}$ ou $h = H - d^{\alpha_1 - 2} \cdot K^{-1} \cdot \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2} \cdot \alpha_0 D^{\alpha_2} \left[\frac{\alpha_1}{\alpha_1 - 2} \right]$ |
| Razão de volume Amateis e Burkhart | Ajuste | $V_c = V \left(1 - \alpha_0 \frac{d^{\alpha_1}}{D^{\alpha_2}} \right)$ $V_c = V \left(1 - \beta_0 \frac{(H - h)^{\beta_1}}{H^{\beta_2}} \right)$ |
| | Uso | $d = \left[\frac{\beta_0 D^{\alpha_2} (H - h)^{\beta_1}}{\alpha_0 H^{\beta_2}} \right]^{\frac{1}{\alpha_1}}$ ou $h = H - \left[\frac{\alpha_0 H^{\beta_2} d^{\alpha_1}}{\beta_0 \cdot D^{\alpha_2}} \right]^{\frac{1}{\beta_1}}$ |

em que

V = volume total da árvore

V_c = volume correspondente a qualquer diâmetro mínimo pré-estabelecido ao longo do fuste

H = altura total da árvore

h_i = altura correspondente a qualquer diâmetro (d_i) ao longo do fuste, no caso dos modelos polinomiais e ao diâmetro mínimo ao longo do fuste previamente estabelecido, no caso das razões de volumed_i = diâmetro correspondente a qualquer altura (h_i) ao longo do fuste, no caso dos modelos polinomiais e às alturas vinculadas aos diâmetros mínimos comerciais previamente estabelecidos, no caso das razões de volumeα_i e β_i = parâmetros a serem estimados

2.2.7 Eficiência das equações de afilamento para representar o perfil do tronco, por classe de diâmetro, região e sítio

Para avaliar a eficiência destas estimativas, foram adotados os critérios utilizados em Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996), conforme apresentado na Tabela 2.4. Estes cálculos foram realizados na planilha do Microsoft Excel. Foi utilizado um número semelhante de repetições, que será de cinco árvores por classe de diâmetro, em cada região e sítio.

Devido ao pequeno número de repetições nas classes diamétricas de 10 a 15, 15 a 20, 40 a 45, 45 a 50, 50 a 55, 55 a 60, estas foram eliminadas de nosso estudo.

TABELA 2.4. Estatísticas utilizadas para avaliação das estimativas dos diâmetros.

| | |
|---|--|
| Desvio (D) | $(\sum \text{Diff}_i)/N$ |
| Desvio padrão das diferenças (SD) | $[\sum (\text{Diff}_i - D)^2 / (N-1)]^{0.5}$ |
| Soma do quadrado do resíduo relativo (SSRR) | $\sum (\text{Diff}_i / d_i)^2$ |
| Porcentagem dos resíduos (RP) | $\sum (\text{Diff}_i / d_i) 100 / N$ |

Onde:

$\text{Diff}_i = (d_i - de_i)$ é o desvio dos diâmetros em cada iésima posição no fuste (1%, 2%, ..., 95%)
 d_i = diâmetro da árvore, na posição i no fuste
 de_i = diâmetro estimado para a posição i no fuste
 N = número de árvores

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Ajuste do polinômio de potência fracionária por classe diamétrica, região e sítio

As Tabelas 2.5 e 2.6 apresentam o ajuste para estes polinômios, respectivamente, para diferentes classes de sítio e regiões, notando-se a tendência de predominar potências fracionárias e inteiras nos modelos construídos. Pode-se observar que os primeiros parâmetros são potências fracionárias e os parâmetros finais dos modelos são potências inteiras. Os modelos com quatro coeficientes apresentaram, na maioria dos casos, a potência 0,005 no segundo parâmetro, potências decimais para o terceiro parâmetro, unitárias para o quarto e de dezenas no último parâmetro. Nestes casos, as potências fracionárias estão moldando melhor a ponta da

árvore e as potências maiores a base da árvore. Pôde-se constatar que, para todas as situações testadas, as medidas de precisão estão dentro do espectro de ajustes precisos.

Através das medidas de precisão não foram detectadas diferenças entre as equações ajustadas para as diversas classes diamétricas. Quanto aos ajustes realizados por sítio e classe diamétrica, e região e classe diamétrica, verificou-se que os menores e maiores valores de coeficiente de determinação foram respectivamente 94,9% e 99,4%; e 93,6% e 98,8%. Juntamente com o erro padrão residual, pôde-se inferir que há uma ligeira superioridade dos modelos ajustados por sítio em relação às equações obtidas por região, devido provavelmente ao maior controle das fontes de variação da variável volume.

TABELA 2.5. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio de potência fracionária por classe de diâmetro e por sítio.

| Sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | | R ² | Syx |
|-------|--|---|----------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------------|--------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | |
| III | 15 20 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,5 | 0,7 | 3 | 10 | | |
| | | C | 1,358648 | 28,097977 | -28,926489 | 1,495659 | -1,689554 | -0,321132 | 0,916011 | 97,5 | 0,0467 |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 4 | 10 | | |
| | | C | 1,351731 | 0,301105 | -19,908462 | 37,137548 | -18,543272 | -0,66214 | 1,223017 | 97,3 | 0,0508 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 4 | 10 | | | |
| | | C | 1,292316 | 13,663337 | -14,056467 | -0,445805 | -0,879334 | 1,224947 | | 96,8 | 0,0548 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,5 | 10 | 15 | | | | |
| | | C | 1,34488 | -0,133966 | -0,847616 | -2,78766 | 4,481987 | | | 97 | 0,0529 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,266731 | 0,084931 | -0,838949 | -1,126675 | 1,024671 | | | 98,1 | 0,0408 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,5 | 0,6 | 2 | | | | |
| | | C | 1,332794 | 0,252423 | -9,447282 | 9,282097 | -1,464458 | | | 98,3 | 0,0405 |
| IV | 15 20 | P | | 0,5 | 3 | | | | | | |
| | | C | 1,308139 | -0,927405 | -0,177196 | | | | | 95,4 | 0,0612 |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,06 | 0,6 | 3 | 10 | | | |
| | | C | 1,289122 | 1,166487 | -1,577606 | -0,377968 | -0,645196 | 0,933031 | | 95,6 | 0,0615 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 1 | 5 | | | | |
| | | C | 1,278349 | 14,738853 | -15,193333 | -0,505749 | -0,265303 | | | 97,7 | 0,0446 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,317522 | 0,061218 | -0,853649 | -1,028467 | 0,826726 | | | 97,4 | 0,048 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,2 | 4 | 10 | 20 | 25 | | |
| | | C | 1,287978 | 0,282018 | -0,997068 | -0,906697 | 1,077358 | -4,467118 | 4,747224 | 97,9 | 0,0433 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | 4 | 10 | | |
| | | C | 1,264626 | 1,382118 | -8,598461 | 8,13193 | -1,708462 | -0,832769 | 0,61998 | 97,7 | 0,0458 |

Continua...

TABELA 2.5. Continuação

| Sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx | |
|-------|--|---|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------------|------|-----------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | | β_6 |
| V | 15 20 | P | | 0,4 | 4 | | | | | | |
| | | C | 1,397054 | -0,998227 | -0,207306 | | | | | 96,5 | 0,0579 |
| | 20 25 | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | | |
| | | C | 1,322738 | -0,862226 | -0,862926 | 1,06299 | | | | 97,2 | 0,0485 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 5 | | | |
| | | C | 1,331752 | 1,100308 | -15,594162 | 18,52482 | -5,100738 | -0,221134 | | 98,3 | 0,0388 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,6 | 1 | 5 | | | |
| | | C | 1,318123 | 0,857959 | -2,843945 | 3,265681 | -2,35021 | -0,265519 | | 97,1 | 0,0512 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,2 | 4 | 5 | | | | |
| | | C | 1,263213 | 0,240474 | -0,850638 | -1,794051 | 1,133221 | | | 98,1 | 0,0395 |
| | 40 45 | P | | 0,5 | 0,6 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,352092 | -3,041013 | 2,283505 | -1,597012 | 1,64839 | | | 94,9 | 0,0743 |
| VI | 15 20 | P | | 0,5 | | | | | | | |
| | | C | 1,366222 | -1,036279 | | | | | | 98,6 | 0,0358 |
| | 20 25 | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | | |
| | | C | 1,324186 | -0,848303 | -0,959442 | 1,095228 | | | | 96,5 | 0,0543 |
| | 25 30 | P | | 0,4 | 1 | 5 | 25 | | | | |
| | | C | 1,32888 | -0,924928 | 0,11542 | -0,8559 | 5,952374 | | | 98,1 | 0,0413 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,300353 | 0,106355 | -0,877943 | -1,22562 | 1,152329 | | | 97,6 | 0,0477 |
| | 35 40 | P | | 0,4 | 5 | | | | | | |
| | | C | 1,298495 | -0,826034 | -0,642282 | | | | | 98 | 0,0426 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,02 | 1 | 5 | 25 | | | |
| | | C | 1,256209 | 4,823076 | -5,280192 | -0,204366 | -1,270617 | 8,844196 | | 99,4 | 0,0234 |

P = Potência

C = Coeficiente

TABELA 2.6. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio de potência fracionária por classe de diâmetro e por região.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | | R ² | Syx |
|------------|-------------------------------------|---|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | |
| Mocambo | 15 20 | P | | 0,4 | 5 | | | | | | |
| | | C | 1,369743 | -0,995382 | -0,13684 | | | | | 98,1 | 0,042 |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 0,5 | 5 | 10 | | |
| | | C | 1,294401 | 28,229819 | -29,090631 | -3,082181 | 3,010342 | -0,456152 | 0,547496 | 97 | 0,049 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,5 | 0,6 | 4 | 5 | | |
| | | C | 1,266663 | 40,741249 | -42,022288 | 5,825758 | -5,460713 | 0,106494 | -0,393529 | 97,8 | 0,041 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,2 | 0,7 | 5 | | | |
| | | C | 1,26128 | 72,777726 | -76,093107 | 3,768658 | -1,325125 | -0,417694 | | 98,2 | 0,034 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | | | | | |
| | | C | 1,272829 | 0,098109 | -0,826949 | -0,732955 | | | | 97,6 | 0,044 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 5 | 10 | | |
| | | C | 1,253501 | 0,555375 | -14,61717 | 19,618774 | -6,312736 | -1,41646 | 1,568666 | 98,4 | 0,037 |
| Ouro Verde | 15 20 | P | | 0,5 | | | | | | | |
| | | C | 1,321894 | -1,033611 | | | | | | 96,6 | 0,0532 |
| | 20 25 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,6 | 3 | 5 | | | |
| | | C | 1,281928 | 14,839783 | -15,260789 | -0,286287 | -1,426186 | 1,28959 | | 97,8 | 0,043 |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,5 | 1 | 4 | 15 | | |
| | | C | 1,285425 | 0,525698 | -1,883368 | 1,36408 | -1,044078 | -0,253973 | 0,869051 | 97,7 | 0,0453 |
| | 30 35 | P | | 0,2 | 0,5 | 5 | 20 | | | | |
| | | C | 1,319919 | -0,34002 | -0,541021 | -0,569011 | 0,692421 | | | 97,5 | 0,0471 |
| | 35 40 | P | | 0,3 | 0,6 | 5 | 15 | | | | |
| | | C | 1,269595 | -0,469163 | -0,375058 | -0,677131 | 0,651606 | | | 97,9 | 0,0434 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,01 | 4 | 5 | | | | |
| | | C | 1,239179 | 20,941617 | -21,474647 | -3,119278 | 2,613929 | | | 93,6 | 0,08 |

Continua...

TABELA 2.6. Continuação

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | | Parâmetros estimados | | | | | | | R ² | Syx |
|---------------|---|---|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|
| | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | |
| Jaguaráiva | 15 20 | P | | 0,005 | 0,2 | 0,6 | 4 | 5 | | | |
| | 20 25 | C | 1,32362 | 0,513208 | -1,442393 | 0,305856 | -5,159976 | 5,48307 | | 96,6 | 0,0541 |
| | 25 30 | P | | 0,5 | 1 | 3 | 15 | | | | |
| | | C | 1,315468 | -1,599762 | 1,193453 | -1,619564 | 14,959596 | | | 96,4 | 0,0583 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,3 | 0,6 | 5 | 25 | | |
| | | C | 1,29942 | 45,137237 | -46,842233 | 2,520663 | -1,725755 | -0,734709 | 7,039811 | 97,7 | 0,0461 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,3 | 2 | 5 | 15 | | |
| | | C | 1,305447 | 28,027677 | -28,867255 | 0,349898 | -0,648126 | -0,361727 | 0,796202 | 98,2 | 0,0412 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,01 | 4 | 5 | 10 | 25 | | |
| | | C | 1,269297 | 19,980356 | -20,540102 | -4,518015 | 4,98054 | -1,813368 | 1,664146 | 98,8 | 0,0325 |
| | | | P | | 0,005 | 0,2 | 5 | 10 | | | |
| | | | C | 1,320753 | 0,19351 | -0,900477 | -1,744896 | 1,766202 | | 98,7 | 0,0357 |
| Pouso Alto | 15 20 | P | | 0,4 | 10 | | | | | | |
| | | C | 1,459791 | -1,068571 | -2,161141 | | | | 97,5 | 0,0522 | |
| | 20 25 | P | | 0,4 | 5 | 10 | | | | | |
| | | C | 1,325135 | -0,877357 | -0,841846 | 0,888592 | | | 97,6 | 0,0447 | |
| | 25 30 | P | | 0,005 | 0,3 | 5 | 10 | | | | |
| | | C | 1,336384 | 0,094902 | -0,933985 | -1,164695 | 1,232529 | | | 98,3 | 0,04 |
| | 30 35 | P | | 0,005 | 0,01 | 3 | 5 | | | | |
| | | C | 1,332806 | 22,379366 | -23,032953 | -1,20054 | 0,625404 | | | 98,3 | 0,0416 |
| | 35 40 | P | | 0,005 | 0,4 | 0,8 | 1 | 5 | 10 | | |
| | | C | 1,284169 | 0,201684 | -2,522938 | 5,316689 | -3,889868 | -0,859723 | 0,736773 | 98,5 | 0,0368 |
| | 40 45 | P | | 0,005 | 0,01 | 0,3 | 5 | 15 | | | |
| | | C | 1,3114 | 11,62333 | -11,930891 | -0,421308 | -1,405148 | 2,496566 | | 98,2 | 0,0423 |

Continua...

TABELA 2.6. Continuação

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | | | Parâmetros estimados | | | | | | | R ² | Syx |
|---------|-------------------------------------|--|----|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--------|
| | | | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | | |
| Moquéim | 15 | | 20 | P | | 0,005 | 0,1 | 0,5 | 3 | 5 | | |
| | | | | C | 1,367044 | 0,954887 | -1,623195 | -0,066272 | -1,193933 | 1,064617 | 97,3 | 0,0477 |
| | 20 | | 25 | P | | 0,005 | 0,5 | 0,7 | 1 | 15 | | |
| | | | | C | 1,373214 | 0,303161 | -8,291573 | 12,79703 | -6,100696 | 0,847584 | 96,9 | 0,0544 |
| | 25 | | 30 | P | | 0,4 | 10 | | | | | |
| | | | | C | 1,379813 | -1,013693 | -0,808231 | | | | 96,8 | 0,057 |
| | 30 | | 35 | P | | 0,4 | 0,5 | 5 | | | | |
| | | | | C | 1,416442 | -2,00139 | 1,038583 | -0,487538 | | | 95,1 | 0,0703 |
| | 35 | | 40 | P | | 0,4 | 2 | 4 | 15 | 25 | | |
| | | | | C | 1,309054 | -0,909145 | 0,616605 | -1,716397 | 3,292091 | -3,006691 | 97,1 | 0,0532 |
| | 40 | | 45 | P | | 0,5 | 0,6 | 5 | 10 | | | |
| | | | | C | 1,325311 | -3,093043 | 2,383644 | -1,585986 | 1,642109 | | 97,3 | 0,0509 |

P = Potência

C = Coeficiente

2.3.2 Polinômio de 5º grau

Através da análise das medidas de precisão, coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos, verificou-se nas Tabelas 2.7 e 2.8, que todos os modelos apresentaram ajustes satisfatórios, o que indica que eles podem ser usados para estimar com eficiência os diâmetros e alturas ao longo do fuste, os volumes totais e comerciais para as árvores de *Pinus taeda*.

Entre os polinômios, o menor coeficiente de determinação nas regiões foi de 93,5% e o maior de 98,1%; para os sítios o menor foi de 94,6% e o maior 99,0%. Verificou-se através destes dados, além do erro padrão e da análise gráfica dos resíduos, uma ligeira superioridade no ajuste por sítio, em relação aos ajustes por região.

TABELA 2.7. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio do 5º grau por classe de diâmetro e por sítio.

| Classe de Sítio | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|-----------------|--|----------------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|----------------|--------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| III | 15 20 | 1,317704 | -5,391649 | 26,445458 | -67,352362 | 76,430938 | -31,567742 | 96,9 | 0,0511 |
| | 20 25 | 1,306984 | -5,566463 | 27,174277 | -66,038743 | 70,644785 | -27,529053 | 96,8 | 0,0549 |
| | 25 30 | 1,243435 | -4,940787 | 23,411334 | -56,338636 | 59,800933 | -23,205354 | 96,3 | 0,0588 |
| | 30 35 | 1,240953 | -5,666502 | 30,209543 | -79,06375 | 92,189475 | -39,566907 | 95,4 | 0,0654 |
| | 35 40 | 1,202247 | -4,591559 | 20,476747 | -44,189737 | 41,338774 | -14,107663 | 97,3 | 0,0484 |
| | 40 45 | 1,279051 | -6,768492 | 36,490653 | -89,844878 | 97,719523 | -39,398223 | 97,7 | 0,0479 |
| IV | 15 20 | 1,29092 | -5,186379 | 26,192379 | -66,331178 | 73,814665 | -29,819344 | 95,5 | 0,0612 |
| | 20 25 | 1,254429 | -4,765071 | 22,650103 | -55,522404 | 59,932131 | -23,506298 | 95,4 | 0,063 |
| | 25 30 | 1,225521 | -4,930131 | 25,19409 | -65,187443 | 75,220459 | -31,961236 | 97,2 | 0,0495 |
| | 30 35 | 1,247935 | -5,649035 | 30,532384 | -79,079049 | 90,816803 | -38,501817 | 96,6 | 0,0547 |
| | 35 40 | 1,211085 | -4,024996 | 13,389449 | -17,484088 | 2,554576 | 5,007454 | 95,5 | 0,0637 |
| | 40 45 | 1,203463 | -4,550663 | 21,616356 | -48,579129 | 46,694207 | -16,329033 | 97 | 0,0524 |
| V | 15 20 | 1,344448 | -6,6324 | 34,374279 | -85,668332 | 94,824909 | -38,453312 | 96,4 | 0,0597 |
| | 20 25 | 1,274411 | -5,692376 | 30,542161 | -79,128981 | 90,241629 | -37,601632 | 96,9 | 0,0513 |
| | 25 30 | 1,269986 | -5,801127 | 31,325259 | -80,400329 | 91,042858 | -37,939071 | 97,5 | 0,0473 |
| | 30 35 | 1,257723 | -5,73577 | 32,162741 | -85,071134 | 99,036639 | -42,394178 | 96,3 | 0,0576 |
| | 35 40 | 1,218374 | -4,700082 | 24,562494 | -61,691634 | 68,267144 | -28,115701 | 97,7 | 0,0433 |
| | 40 45 | 1,284252 | -5,944582 | 30,299791 | -73,021794 | 77,78199 | -30,764827 | 94,6 | 0,0764 |
| VI | 15 20 | 1,355545 | -6,496783 | 38,139871 | -111,083913 | 144,605745 | -69,066666 | 99 | 0,0326 |
| | 20 25 | 1,270845 | -5,274287 | 27,224458 | -69,238466 | 77,894999 | -32,206171 | 96,1 | 0,0575 |
| | 25 30 | 1,263003 | -5,23965 | 26,474418 | -66,187816 | 73,988088 | -30,736116 | 97,5 | 0,0475 |
| | 30 35 | 1,244311 | -4,765928 | 21,971081 | -49,164441 | 47,688616 | -16,879939 | 97 | 0,0533 |
| | 35 40 | 1,244464 | -4,938779 | 24,482764 | -61,345443 | 69,639372 | -29,694904 | 97,9 | 0,0444 |
| | 40 45 | 1,194716 | -3,847509 | 17,015572 | -36,367265 | 33,741218 | -11,889642 | 98,7 | 0,0362 |

TABELA 2.8. Parâmetros estimados e medidas de precisão do polinômio do 5º grau por classe de diâmetro e por região.

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|-------------|--|----------------------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|----------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| Mocambo | 15 20 | 1,309818 | -6,129514 | 30,017025 | -73,009825 | 80,236609 | -32,577191 | 98,1 | 0,043 |
| | 20 25 | 1,249091 | -5,078848 | 24,415528 | -60,043427 | 66,549442 | -27,272885 | 96,5 | 0,054 |
| | 25 30 | 1,22431 | -4,985479 | 25,882485 | -67,010645 | 77,695473 | -33,30287 | 97,3 | 0,046 |
| | 30 35 | 1,205178 | -4,579384 | 24,412282 | -64,057708 | 74,547496 | -32,091118 | 97,5 | 0,044 |
| | 35 40 | 1,228567 | -5,182637 | 28,560811 | -76,197307 | 90,478263 | -39,752191 | 97,2 | 0,047 |
| | 40 45 | 1,221021 | -5,223841 | 26,703576 | -63,75783 | 66,591114 | -25,781768 | 98 | 0,041 |
| Ouro Verde | 15 20 | 1,284674 | -5,024247 | 24,424671 | -63,188026 | 73,285359 | -31,011013 | 96,5 | 0,056 |
| | 20 25 | 1,240293 | -4,831419 | 24,541399 | -63,659912 | 72,056699 | -29,510012 | 97,4 | 0,046 |
| | 25 30 | 1,22941 | -5,023034 | 25,117663 | -63,458979 | 70,943551 | -29,016771 | 97,1 | 0,050 |
| | 30 35 | 1,217223 | -4,819085 | 21,503328 | -47,178688 | 45,832457 | -16,483796 | 96 | 0,060 |
| | 35 40 | 1,200884 | -4,443662 | 19,720461 | -43,563755 | 42,191962 | -15,049882 | 97,3 | 0,049 |
| | 40 45 | 1,213296 | -4,145481 | 18,768782 | -41,802408 | 39,913509 | -13,843453 | 93,5 | 0,081 |
| Jaguariaíva | 15 20 | 1,30663 | -5,452936 | 29,130693 | -78,419658 | 93,24454 | -40,559344 | 96,4 | 0,056 |
| | 20 25 | 1,283073 | -5,036211 | 25,388131 | -63,533782 | 68,816714 | -26,90792 | 96,2 | 0,060 |
| | 25 30 | 1,243018 | -4,620716 | 22,012379 | -52,837576 | 56,064424 | -22,043276 | 97 | 0,052 |
| | 30 35 | 1,257509 | -5,239309 | 27,933531 | -71,242703 | 79,844844 | -33,030348 | 97,6 | 0,047 |
| | 35 40 | 1,201474 | -3,564868 | 10,859305 | -10,366738 | -7,560856 | 10,38066 | 97,2 | 0,049 |
| | 40 45 | 1,23397 | -5,545885 | 30,70704 | -79,082393 | 89,043678 | -36,990371 | 97,5 | 0,049 |

Continua...

TABELA 2.8. Continuação

| Região | Limite das classes de diâmetro (cm) | Parâmetros estimados | | | | | | R ² | Syx |
|------------|--|----------------------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|----------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | | |
| Pouso Alto | 15 20 | 1,433266 | -9,052786 | 58,625317 | -176,787973 | 236,733353 | -116,143142 | 97,9 | 0,051 |
| | 20 25 | 1,272752 | -5,640851 | 29,892962 | -77,338295 | 88,570807 | -37,250554 | 97 | 0,050 |
| | 25 30 | 1,27323 | -5,705085 | 29,704467 | -75,28823 | 84,620232 | -35,073485 | 97,6 | 0,048 |
| | 30 35 | 1,268888 | -6,034929 | 32,990734 | -85,494825 | 97,302115 | -40,636698 | 97,5 | 0,050 |
| | 35 40 | 1,223286 | -4,865554 | 22,370253 | -49,162182 | 47,198122 | -16,750065 | 97,8 | 0,044 |
| | 40 45 | 1,240045 | -5,665067 | 29,639649 | -72,848703 | 78,957051 | -31,81597 | 97,4 | 0,051 |
| Moquém | 15 20 | 1,318928 | -5,531902 | 27,920464 | -71,145514 | 80,605236 | -33,340947 | 96,6 | 0,053 |
| | 20 25 | 1,329674 | -5,745751 | 28,024082 | -67,541327 | 72,074135 | -28,193478 | 96,5 | 0,058 |
| | 25 30 | 1,318432 | -6,54838 | 34,935964 | -90,39291 | 104,49676 | -44,520796 | 96,6 | 0,060 |
| | 30 35 | 1,320201 | -7,320201 | 40,319226 | -104,673844 | 120,501436 | -50,909791 | 93,9 | 0,079 |
| | 35 40 | 1,23661 | -4,662577 | 19,617193 | -38,488833 | 31,053682 | -8,485329 | 96,7 | 0,057 |
| | 40 45 | 1,258723 | -5,967236 | 31,706667 | -78,7009 | 86,132552 | -34,877249 | 97 | 0,054 |

2.3.3 Ajuste das razões de volume

Com relação à equação de volume total, pode-se observar na Tabela 2.9 que as medidas de precisão do modelo de Schumacher e Hall são superiores quando o controle da base de dados foi por sítio.

TABELA 2.9. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Clutter para equação de volume total, para 5 regiões e 4 sítios.

| | | Parâmetros estimados | | | R ² |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|----------------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | |
| Região | Mocambo | 0,00003457 | 1,87286322 | 1,16406418 | 92,7 |
| | Ouro Verde | 0,00003080 | 2,20580733 | 0,80767302 | 98,8 |
| | Jaguariaíva | 0,00007232 | 1,77864158 | 1,03175808 | 99 |
| | Pouso Alto | 0,00004801 | 2,12116087 | 0,75666920 | 98 |
| | Moquéim | 0,00004237 | 1,82482019 | 1,14855720 | 99 |
| Sítio | III | 0,00003000 | 2,2200000 | 0,79630000 | 99,2 |
| | IV | 0,00003400 | 1,9400000 | 1,07630000 | 97,8 |
| | V | 0,00005223 | 1,93092734 | 0,96694538 | 97,7 |
| | VI | 0,00003018 | 2,08150690 | 0,96718861 | 98,1 |

Com relação às razões de volume, pode-se observar nas Tabelas 2.10, 2.11 e 2.12 que suas estatísticas são bastante satisfatórias. Como esperado, o coeficiente de determinação do modelo de Clutter (1980) e o de Amateis e Burkhart (1987) são ligeiramente superiores por sítio em relação aos ajustes por região, pelos mesmos motivos já apresentados para os modelos polinomiais.

A alta correlação obtida dá-se em função dos modelos considerarem como variável dependente os volumes comerciais e como parte das independentes o volume total. Em qualquer circunstância, a correlação entre o volume total e o parcial para uma mesma árvore sempre será muito forte, haja vista o controle implícito das fontes de variação que afetam tais variáveis.

TABELA 2.10. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Clutter para a equação de volume comercial, por região e sítio.

| | | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|--------------|-------|
| | | β_0 | β_1 | β_2 | R^2 |
| Região | Mocambo | 0,05224703 | 2,94257248 | -2,21220236 | 96,8 |
| | Ouro Verde | 3,50539009 | 3,84897242 | -4,19623205 | 99,4 |
| | Jaguariaíva | 0,07200000 | 4,22000000 | -3,48348000 | 99,4 |
| | Pouso Alto | 0,72706735 | 3,96187775 | -3,86125391 | 99,2 |
| | Moqué | 0,61814774 | 4,15286182 | -3,98621905 | 99,4 |
| Sítio | III | 4,72200000 | 3,83000000 | -4,243480000 | 99,6 |
| | IV | 0,47047407 | 3,97817867 | -3,76120094 | 98,9 |
| | V | 0,86265984 | 3,99354696 | -3,96332183 | 99,4 |
| | VI | 0,88129020 | 3,98555430 | -3,96523964 | 99,5 |

TABELA 2.11. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Burkhart para a equação de volume comercial até qualquer diâmetro superior, por região e sítio.

| Região | | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|-------|
| | | α_0 | α_1 | α_2 | R^2 |
| Região | Mocambo | 0,04057758 | 2,94539917 | 2,14498236 | 96,8 |
| | Ouro Verde | 3,26305296 | 3,83403479 | 4,16321877 | 99,4 |
| | Jaguariaíva | 0,06688087 | 4,12945097 | 3,37642295 | 99,4 |
| | Pouso Alto | 0,65681530 | 3,92354572 | 3,79790868 | 99,2 |
| | Moqué | 0,61422400 | 4,15680634 | 3,98816380 | 99,4 |
| Sítio | III | 4,51196067 | 3,75775867 | 4,16553505 | 99,6 |
| | IV | 0,43156407 | 3,92957047 | 3,69252133 | 98,9 |
| | V | 0,85805739 | 3,99256958 | 3,96097529 | 99,4 |
| | VI | 0,97702462 | 3,94769997 | 3,95863483 | 99,5 |

TABELA 2.12. Parâmetros estimados e medidas de precisão do modelo de Burkhart para a equação de volume comercial até qualquer altura, por região e sítio.

| | Região | Parâmetros estimados | | | |
|--------|-------------|----------------------|------------|------------|-------|
| | | β_1 | β_2 | β_3 | R^2 |
| Região | Mocambo | 1,33252431 | 2,36016740 | 2,45190411 | 99,9 |
| | Ouro Verde | 0,93364184 | 2,43184478 | 2,40997143 | 99,9 |
| | Jaguariaíva | 0,88711387 | 2,50208405 | 2,46460713 | 99,9 |
| | Pouso Alto | 0,97149097 | 2,47859407 | 2,47262518 | 99,8 |
| | Moquéim | 0,29204921 | 2,44442510 | 2,05788739 | 99,9 |
| Sítio | III | 0,77560255 | 2,41577120 | 2,33909862 | 99,9 |
| | IV | 0,54708470 | 2,44919028 | 2,26366851 | 99,8 |
| | V | 1,23536801 | 2,51688338 | 2,57636456 | 99,8 |
| | VI | 0,46275954 | 2,40258073 | 2,14885607 | 99,8 |

2.3.4 Eficiência das equações de afilamento para representar o perfil do tronco para as classes de diâmetro, nas regiões e sítios

São apresentadas, a seguir, as Tabelas de 2.13 a 2.16, que apresentam as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* para a região de Mocambo. Estes resultados permitem inferir sobre a superioridade dos modelos polinomiais em relação às razões de volume, conforme detectado pela análise de desvio padrão das diferenças (SD), assim como da percentagem dos resíduos (RP) ao longo de todas as alturas relativas. Pode-se notar ainda que, para todas as classes diamétricas na região de Mocambo, o polinômio de potência fracionária foi superior aos demais modelos testados, seguido de perto pelo desempenho também eficiente do polinômio do 5º grau.

TABELA 2.13. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para região de Mocambo, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| | | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|--------|------|
| Mod. | Est. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | Média | |
| 1 | D | 0,56 | -0,28 | -0,40 | -0,93 | -0,66 | -0,49 | 0,53 | 0,20 | 0,24 | -0,27 | -0,09 | 0,24 | 0,03 | -1,16 | -0,23 | 0,00 | -0,18 | |
| | SD | 0,79 | 0,74 | 0,25 | 0,22 | 0,28 | 0,12 | 0,07 | 0,14 | 0,09 | 0,21 | 0,66 | 1,30 | 0,90 | 0,65 | 0,42 | 0,00 | 0,46 | |
| | SSRR | 0,008 | 0,009 | 0,004 | 0,01 | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,02 | 0,058 | 0,057 | 0,19 | 0,06 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 1,68 | -1,27 | -1,59 | -3,78 | -2,78 | -2,07 | 2,33 | 0,95 | 1,25 | -1,66 | -1,01 | 0,64 | -0,80 | -14,48 | -3,27 | 0,00 | -1,72 | |
| 2 | D | -0,49 | -0,43 | 0,13 | -0,31 | -0,15 | -0,15 | 0,09 | -0,42 | 0,20 | 0,12 | 0,08 | -0,029 | -0,21 | -0,81 | -0,39 | 0,00 | -0,18 | |
| | SD | 0,76 | 0,74 | 0,25 | 0,22 | 0,28 | 0,12 | 0,07 | 0,14 | 0,09 | 0,21 | 0,66 | 1,30 | 0,90 | 0,64 | 0,42 | 0,00 | 0,45 | |
| | SSRR | 0,009 | 0,01 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,005 | 0,002 | 0,006 | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 0,13 | 0,06 | 0,00 | 0,03 | |
| | RP | -1,87 | -1,80 | 0,42 | -1,34 | -0,72 | -0,68 | 0,37 | -2,08 | 1,03 | 0,66 | 0,10 | -1,41 | -2,89 | -10,49 | -4,92 | 0,00 | -1,71 | |
| 3 | D | -0,31 | -1,98 | -2,80 | -3,93 | -4,18 | -4,44 | -4,57 | -4,87 | -3,21 | -1,93 | -0,57 | 0,64 | 1,58 | 1,91 | 3,57 | 0,00 | -1,67 | |
| | SD | 1,58 | 1,21 | 0,48 | 0,40 | 0,37 | 0,16 | 0,24 | 0,15 | 0,07 | 0,12 | 0,60 | 1,33 | 0,81 | 0,52 | 0,36 | 0,00 | 0,56 | |
| | SSRR | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,29 | 0,14 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,25 | 0,87 | 0,00 | 0,17 | |
| | RP | -1,40 | -7,48 | -10,68 | -15,83 | -17,21 | -18,64 | -20,72 | -23,98 | -17,04 | -11,43 | -4,14 | 3,60 | 12,92 | 20,9 | 37,27 | 0,00 | -4,92 | |
| 4 | D | 0,20 | -1,53 | -2,44 | -3,66 | -3,98 | -4,32 | -4,84 | -5,51 | -4,51 | -3,81 | -2,92 | -2,04 | -1,28 | -0,89 | 1,15 | 0,00 | -2,69 | |
| | SD | 1,05 | 0,90 | 0,29 | 0,25 | 0,30 | 0,12 | 0,09 | 0,13 | 0,08 | 0,19 | 0,64 | 1,30 | 0,87 | 0,60 | 0,39 | 0,00 | 0,48 | |
| | SSRR | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,24 | 0,37 | 0,29 | 0,26 | 0,22 | 0,22 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,00 | 0,17 | |
| | RP | 0,41 | -5,85 | -9,31 | -14,70 | -16,38 | -18,13 | -21,88 | -27,06 | -23,91 | -22,47 | -19,52 | -16,53 | -12,40 | -11,48 | 11,45 | 0,00 | -13,84 | |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.14. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para região de Mocambo, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 0,04 | -0,06 | -0,62 | -0,64 | -0,42 | -0,14 | 0,90 | 0,62 | 0,20 | -0,16 | 0,34 | 1,09 | 1,11 | 0,29 | -0,22 | 0,00 | 0,16 |
| | SD | 1,04 | 1,22 | 0,51 | 0,28 | 0,25 | 0,04 | 0,05 | 0,12 | 0,17 | 0,13 | 0,29 | 0,32 | 0,84 | 0,23 | 0,47 | 0,00 | 0,40 |
| | SSRR | 0,007 | 0,009 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,0006 | 0,006 | 0,005 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 0,01 |
| | RP | 0,08 | -0,27 | -2,03 | -2,18 | -1,43 | -0,50 | 3,43 | 2,60 | 0,92 | -0,76 | 1,77 | 6,16 | 6,74 | 2,08 | -3,81 | 0,00 | 0,85 |
| 2 | D | -1,13 | -0,35 | 0,041 | 0,12 | 0,19 | 0,23 | 0,31 | -0,14 | 0,22 | 0,37 | 0,53 | 0,71 | 0,83 | 0,74 | -0,35 | 0,00 | 0,16 |
| | SD | 1,1 | 1,18 | 0,48 | 0,27 | 0,23 | 0,04 | 0,05 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,29 | 0,32 | 0,85 | 0,23 | 0,47 | 0,00 | 0,40 |
| | SSRR | 0,014 | 0,009 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,0008 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,01 |
| | RP | -3,38 | -1,16 | 0,14 | 0,41 | 0,69 | 0,86 | 1,19 | -0,54 | 1,02 | 1,77 | 2,72 | 3,99 | 4,86 | 5,55 | -5,41 | 0,00 | 0,85 |
| 3 | D | 1,37 | 0,31 | -1,07 | -1,80 | -2,18 | -2,39 | -2,57 | -2,67 | -1,08 | 0,49 | 2,09 | 3,63 | 4,83 | 5,36 | 4,10 | 0,00 | 0,56 |
| | SD | 0,47 | 0,76 | 0,28 | 0,43 | 0,22 | 0,38 | 0,40 | 0,17 | 0,09 | 0,20 | 0,24 | 0,34 | 0,87 | 0,43 | 0,62 | 0,00 | 0,39 |
| | SSRR | 0,01 | 0,006 | 0,009 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,01 | 0,005 | 0,06 | 0,21 | 0,49 | 0,88 | 1,17 | 0,00 | 0,20 |
| | RP | 3,99 | 0,83 | -3,57 | -6,23 | -7,64 | -8,62 | -9,92 | -10,96 | -4,86 | 2,21 | 10,8 | 20,6 | 30,9 | 41,7 | 48,05 | 0,00 | 7,15 |
| 4 | D | 0,35 | -0,78 | -2,23 | -3,04 | -3,49 | -3,78 | -4,31 | -4,73 | -3,74 | -2,65 | -1,41 | -0,09 | 1,07 | 1,81 | 1,14 | 0,00 | -1,72 |
| | SD | 0,66 | 0,94 | 0,30 | 0,21 | 0,13 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,22 | 0,28 | 0,81 | 0,28 | 0,52 | 0,00 | 0,31 |
| | SSRR | 0,005 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,14 | 0,19 | 0,14 | 0,08 | 0,03 | 0,008 | 0,05 | 0,11 | 0,12 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | 1,00 | -2,52 | -7,33 | -10,37 | -12,14 | -13,44 | -16,42 | -19,3 | -16,46 | -12,72 | -7,41 | -0,66 | 6,44 | 13,9 | 12,4 | 0,00 | -5,67 |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhardt

TABELA 2.15. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para região de Mocambo, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| | | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------|
| Mod. | Est. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | Média | |
| 1 | D | 1,60 | -0,09 | -0,62 | -1,16 | -0,81 | -0,39 | 1,35 | 1,29 | 0,10 | -0,99 | -0,53 | 0,28 | 0,15 | 0,09 | -0,49 | 0,00 | -0,015 | |
| | SD | 0,58 | 1,49 | 0,81 | 0,39 | 0,24 | 0,31 | 0,08 | 0,41 | 1,27 | 3,38 | 1,99 | 1,01 | 0,50 | 0,82 | 0,59 | 0,00 | 0,92 | |
| | SSRR | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,009 | 0,005 | 0,003 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,00 | 0,02 | |
| | RP | 3,88 | -0,50 | -1,88 | -3,55 | -2,50 | -1,25 | 4,31 | 4,24 | 0,10 | -4,96 | -2,98 | 0,92 | 0,53 | -0,36 | -7,17 | 0,00 | -0,74 | |
| 2 | D | -0,20 | -0,07 | 0,33 | -0,20 | -0,08 | 0,02 | 0,58 | 0,33 | 0,13 | -0,36 | -0,29 | -0,14 | -0,20 | 0,56 | -0,62 | 0,00 | -0,014 | |
| | SD | 0,54 | 1,53 | 0,83 | 0,41 | 0,25 | 0,31 | 0,09 | 0,41 | 1,27 | 3,38 | 1,99 | 1,00 | 0,49 | 0,84 | 0,59 | 0,00 | 0,93 | |
| | SSRR | 0,003 | 0,009 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,021 | |
| | RP | -0,59 | -0,45 | 0,80 | -0,71 | -0,32 | 0,003 | 1,86 | 1,04 | 0,19 | -2,36 | -1,93 | -1,17 | -1,46 | 2,95 | -8,73 | 0,00 | -0,72 | |
| 3 | D | 7,36 | 4,61 | 3,19 | 1,87 | 1,59 | 1,47 | 1,89 | 2,02 | 2,95 | 3,72 | 4,98 | 6,07 | 6,51 | 6,98 | 4,31 | 0,00 | 3,97 | |
| | SD | 2,66 | 3,36 | 2,27 | 1,93 | 1,56 | 1,11 | 1,06 | 1,92 | 2,43 | 4,52 | 3,26 | 2,20 | 1,34 | 1,73 | 0,85 | 0,00 | 2,15 | |
| | SSRR | 0,17 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,14 | 0,26 | 0,46 | 0,70 | 1,14 | 1,20 | 0,00 | 0,29 | |
| | RP | 18,0 | 11,9 | 8,71 | 5,25 | 4,57 | 4,30 | 5,88 | 6,53 | 10,43 | 14,20 | 21,43 | 29,49 | 37,12 | 47,19 | 48,5 | 0,00 | 18,24 | |
| 4 | D | 3,22 | 0,43 | -1,04 | -2,41 | -2,74 | -2,91 | -2,72 | -2,79 | -2,20 | -1,67 | -0,51 | 0,64 | 1,33 | 2,33 | 0,60 | 0,00 | -0,70 | |
| | SD | 1,02 | 1,92 | 1,03 | 0,63 | 0,39 | 0,31 | 0,12 | 0,60 | 1,42 | 3,54 | 2,23 | 1,29 | 0,72 | 1,15 | 0,67 | 0,00 | 1,14 | |
| | SSRR | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,15 | 0,08 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | 7,85 | 0,82 | -3,13 | -7,33 | -8,40 | -9,02 | -8,71 | -9,54 | -8,45 | -7,79 | -3,02 | 2,62 | 7,29 | 15,11 | 5,39 | 0,00 | -1,75 | |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhardt

TABELA 2.16. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para região de Mocambo, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 3,27 | 1,70 | 0,11 | -0,35 | -0,05 | -0,08 | 1,48 | 1,09 | 0,51 | -0,27 | -0,18 | 0,26 | 0,03 | -1,34 | -0,56 | 0,00 | 0,38 |
| | SD | 3,32 | 2,82 | 0,70 | 0,50 | 0,25 | 0,53 | 0,42 | 0,20 | 0,88 | 1,44 | 1,31 | 2,04 | 3,57 | 2,44 | 0,22 | 0,00 | 1,38 |
| | SSRR | 0,03 | 0,02 | 0,003 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,01 | 0,007 | 0,008 | 0,016 | 0,02 | 0,03 | 0,10 | 0,17 | 0,05 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 6,60 | 3,60 | 0,24 | -0,92 | -0,10 | -0,22 | 4,11 | 3,24 | 1,40 | -1,30 | -1,13 | 0,47 | -1,68 | -10,65 | -6,92 | 0,00 | -0,22 |
| 2 | D | 1,65 | 2,39 | 0,93 | 0,24 | 0,24 | -0,12 | 0,49 | 0,27 | 1,16 | 0,91 | 0,07 | -0,59 | -0,68 | -0,69 | -0,64 | 0,00 | 0,38 |
| | SD | 3,36 | 2,81 | 0,68 | 0,49 | 0,24 | 0,53 | 0,41 | 0,19 | 0,90 | 1,47 | 1,32 | 2,03 | 3,56 | 2,43 | 0,22 | 0,00 | 1,38 |
| | SSRR | 0,02 | 0,02 | 0,005 | 0,003 | 0,001 | -0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,012 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,12 | 0,12 | 0,06 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 3,24 | 5,13 | 2,22 | 0,59 | 0,63 | -0,32 | 1,32 | 0,77 | 3,51 | 2,81 | -0,16 | -3,31 | -5,32 | -6,39 | -7,88 | 0,00 | -0,21 |
| 3 | D | 13,14 | 10,1 | 7,32 | 5,80 | 5,22 | 4,44 | 4,07 | 3,74 | 5,45 | 6,61 | 7,30 | 7,88 | 8,25 | 7,28 | 4,11 | 0,00 | 6,72 |
| | SD | 5,49 | 4,07 | 0,98 | 1,46 | 1,01 | 0,86 | 2,05 | 1,75 | 3,03 | 3,11 | 3,36 | 2,90 | 4,10 | 2,45 | 0,39 | 0,00 | 2,47 |
| | SSRR | 0,38 | 0,26 | 0,16 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,16 | 0,27 | 0,41 | 0,59 | 0,86 | 1,11 | 1,08 | 0,00 | 0,38 |
| | RP | 26,98 | 22,35 | 17,51 | 14,47 | 13,39 | 11,72 | 11,29 | 11,05 | 17,05 | 22,50 | 27,66 | 33,80 | 40,6 | 46,5 | 46,26 | 0,00 | 24,2 |
| 4 | D | 7,33 | 4,28 | 1,43 | -0,14 | -0,75 | -1,58 | -2,14 | -2,63 | -1,16 | -0,12 | 0,58 | 1,35 | 2,14 | 1,87 | -0,14 | 0,00 | 0,69 |
| | SD | 3,39 | 2,77 | 0,37 | 0,41 | 0,09 | 0,27 | 0,56 | 0,34 | 1,26 | 1,77 | 1,83 | 2,21 | 3,71 | 2,38 | 0,26 | 0,00 | 1,44 |
| | SSRR | 0,12 | 0,05 | 0,007 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,023 | 0,035 | 0,019 | 0,018 | 0,022 | 0,044 | 0,13 | 0,13 | 0,034 | 0,00 | 0,043 |
| | RP | 14,99 | 9,33 | 3,39 | -0,41 | -1,95 | -4,22 | -6,15 | -8,01 | -4,02 | -0,88 | 1,72 | 5,17 | 9,14 | 10,64 | -2,28 | 0,00 | 1,76 |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhardt

O desempenho das estimativas do polinômio do 5º grau mostrou, para todas as classes diamétricas, uma nítida tendência em superestimar os diâmetros na porção inferior (até 5% da altura) da árvore. Na porção intermediária (10% a 65% da altura) a tendência é subestimar os diâmetros intercalados sempre com alguma tendência em superestimar os diâmetros. Na ponta da árvore (75% a 95% da altura), a tendência é superestimar mais fortemente os diâmetros, o que provoca distorção na estimativa do perfil em uma região normalmente sem grande interesse comercial.

O desempenho do polinômio de potências fracionárias mostra que, das menores para as maiores classes diamétricas, a tendência de subestimar é substituída pela tendência de superestimar os diâmetros.

A função de afilamento de Clutter apresentou, nas menores classes diamétricas, uma nítida tendência em superestimar os diâmetros até a metade da altura das árvores. Já nas demais classes diamétricas, há subestimativa dos diâmetros ao longo de todo o fuste. Dos modelos testados, é o que apresenta o desempenho menos eficiente para representar o perfil da árvore.

Já a razão de volume de Amateis e Burkhart apresentou uma melhora da performance para as estimativas feitas para as maiores classes diamétricas. Para esta metodologia, há uma nítida tendência em superestimar os diâmetros na primeira metade da árvore e de subestimar na segunda metade.

No Apêndice 2.1, encontra-se as estatísticas para representar o perfil do fuste para outras regiões de estudo. Nas Tabelas 2.1 a 2.4, a região é Ouro Verde; nas Tabelas 2.5 a 2.8 a região é Jaguariaíva; de 2.9 a 2.12 a região é Pouso Alto e de 2.13 a 2.16, a região é Moquéim.

Os modelos polinomiais foram superiores para representar o perfil das árvores em relação às funções de afilamento decorrentes das razões de volume e o modelo de potência fracionária predominou sobre os demais. No entanto, houve ocasiões em que os outros modelos conseguiram sobrepujar o desempenho dos polinômios de potência fracionária, o que induz o profissional de biometria florestal a ajustar, para cada situação de trabalho, diferentes modelos para expressar a forma da árvore, selecionando sempre o mais eficiente.

As tendências dos polinômios na representação dos perfis do fuste são inconstantes, ora havendo tendência em superestimar o diâmetro na base, ora no topo, ora em toda árvore. O mesmo comportamento é notado em relação às subestimativas.

As funções de afilamento tendem a subestimar os diâmetros da primeira metade da árvore e superestimar os da segunda metade. Outro fato relevante é que os erros percentuais de estimativa foram muito maiores que os observados para os polinômios. Em relação às funções de afilamento advindas das razões de volume, notou-se a superioridade do modelo de Amateis e Burkhart (1987) sobre o de Clutter (1980). Observou-se, ainda, que há uma tendência clara do modelo de Amateis e Burkhart (1987) em melhorar seu desempenho para as maiores classes diamétricas. Outro fato significativo relativo a este modelo é que as estimativas diamétricas na base, até 5% da altura, e no topo da árvore, após 75% da altura, normalmente foram muito tendenciosas. Já para a porção útil da árvore, as estimativas são eficientes. Este comportamento credencia o uso em escala comercial deste modelo.

A seguir, as Tabelas de 2.17 a 2.20, que trazem as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* para sítio IV.

TABELA 2.17. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para o Sítio IV, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | Média |
| 1 | D | 0,23 | -0,52 | -0,98 | -0,92 | -0,61 | -0,50 | 0,04 | -0,22 | -0,83 | -1,12 | -0,85 | -0,37 | -0,61 | 0,20 | -0,03 | 0,00 | -0,47 |
| | SD | 0,30 | 0,54 | 0,63 | 0,55 | 0,35 | 0,56 | 0,14 | 0,23 | 0,63 | 0,34 | 1,19 | 3,41 | 2,54 | 0,12 | 0,29 | 0,00 | 0,79 |
| | SSRR | 0,003 | 0,008 | 0,02 | 0,01 | 0,008 | 0,01 | 0,002 | 0,005 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,32 | 0,41 | 0,007 | 0,01 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | 0,77 | -2,18 | -4,21 | -3,96 | -2,63 | -2,36 | 0,06 | -1,10 | -5,03 | -7,43 | -7,58 | -8,85 | -12,6 | 1,78 | -1,07 | 0,00 | -3,75 |
| 2 | D | -0,55 | -0,50 | -0,57 | -0,48 | -0,27 | -0,31 | -0,37 | -0,74 | -0,81 | -0,73 | -0,71 | -0,65 | -0,82 | 0,59 | -0,29 | 0,00 | -0,48 |
| | SD | 0,30 | 0,56 | 0,65 | 0,56 | 0,35 | 0,56 | 0,14 | 0,25 | 0,63 | 0,35 | 1,20 | 3,38 | 2,53 | 0,14 | 0,28 | 0,00 | 0,79 |
| | SSRR | 0,005 | 0,008 | 0,01 | 0,009 | 0,005 | 0,009 | 0,004 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,08 | 0,36 | 0,46 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | -1,98 | -2,12 | -2,57 | -2,17 | -1,23 | -1,53 | -1,82 | -3,71 | -4,88 | -4,96 | -6,51 | -11,3 | -14,9 | 6,12 | -4,40 | 0,00 | -3,86 |
| 3 | D | 3,89 | 2,23 | 0,98 | 0,32 | 0,007 | -0,44 | -1,76 | -2,80 | -3,56 | -3,84 | -4,12 | -4,42 | -4,92 | -3,38 | -2,15 | 0,00 | -1,60 |
| | SD | 0,21 | 0,47 | 0,54 | 0,36 | 0,18 | 0,36 | 0,05 | 0,21 | 0,92 | 0,45 | 1,29 | 3,28 | 2,56 | 0,04 | 0,19 | 0,00 | 0,74 |
| | SSRR | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0,005 | 0,002 | 0,008 | 0,04 | 0,10 | 0,24 | 0,33 | 0,60 | 1,54 | 2,60 | 0,45 | 0,18 | 0,00 | 0,41 |
| | RP | 13,7 | 8,21 | 3,59 | 1,15 | -0,05 | -2,10 | -8,33 | -14,1 | -20,6 | -24,7 | -31,4 | -44,8 | -60,98 | -38,2 | -28,6 | 0,00 | -16,5 |
| 4 | D | 5,59 | 3,95 | 2,72 | 2,08 | 1,78 | 1,35 | 0,12 | -0,83 | -1,43 | -1,56 | -1,72 | -1,91 | -2,36 | -0,88 | 0,33 | 0,00 | 0,48 |
| | SD | 0,72 | 1,19 | 1,29 | 1,00 | 0,67 | 0,99 | 0,36 | 0,34 | 0,40 | 0,27 | 1,06 | 3,18 | 2,29 | 0,14 | 0,38 | 0,00 | 0,95 |
| | SSRR | 0,20 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,006 | 0,01 | 0,05 | 0,06 | 0,16 | 0,62 | 0,95 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,16 |
| | RP | 19,6 | 14,6 | 10,4 | 8,24 | 7,25 | 5,45 | 0,35 | -4,28 | -8,41 | -10,29 | -13,88 | -22,51 | -32,02 | -10,4 | 3,48 | 0,00 | -2,16 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.18. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para o Sítio IV, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | | |
| 1 | D | 1,13 | -0,33 | -0,87 | -0,89 | -0,69 | -0,39 | 0,46 | 0,34 | -0,25 | -0,60 | 0,14 | 0,66 | 0,64 | -0,51 | -0,15 | 0,00 | -0,09 | |
| | SD | 1,00 | 0,35 | 0,43 | 0,14 | 0,03 | 0,08 | 0,12 | 0,17 | 0,48 | 0,50 | 0,33 | 0,49 | 0,88 | 1,22 | 0,45 | 0,00 | 0,45 | |
| | SSRR | 0,01 | 0,003 | 0,007 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,01 | 0,007 | 0,02 | 0,04 | 0,09 | 0,06 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 3,07 | -0,98 | -2,80 | -2,94 | -2,34 | -1,32 | 1,77 | 1,42 | -1,11 | -2,95 | 0,67 | 3,82 | 4,02 | -6,18 | -3,20 | 0,00 | -0,60 | |
| 2 | D | -0,36 | 0,001 | -0,15 | -0,25 | -0,27 | -0,21 | -0,22 | -0,39 | -0,04 | 0,11 | 0,41 | 0,24 | 0,20 | -0,22 | -0,10 | 0,00 | -0,09 | |
| | SD | 1,02 | 0,35 | 0,42 | 0,13 | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,19 | 0,47 | 0,47 | 0,33 | 0,50 | 0,90 | 1,22 | 0,45 | 0,00 | 0,45 | |
| | SSRR | 0,008 | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,0007 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,015 | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | |
| | RP | -1,11 | 0,03 | -0,51 | -0,83 | -0,89 | -0,69 | -0,77 | -1,51 | -0,22 | 0,51 | 2,13 | 1,31 | 0,89 | -3,55 | -3,35 | 0,00 | -0,57 | |
| 3 | D | 5,56 | 2,91 | 1,34 | 0,40 | -0,20 | -0,61 | -2,01 | -2,95 | -3,44 | -3,65 | -3,46 | -3,58 | -3,51 | -3,80 | -3,58 | 0,00 | -1,37 | |
| | SD | 1,08 | 0,20 | 0,36 | 0,11 | 0,01 | 0,02 | 0,09 | 0,13 | 0,43 | 0,46 | 0,34 | 0,53 | 0,90 | 1,14 | 0,38 | 0,00 | 0,41 | |
| | SSRR | 0,12 | 0,04 | 0,01 | 0,002 | 0,0004 | 0,002 | 0,03 | 0,07 | 0,12 | 0,17 | 0,18 | 0,26 | 0,36 | 0,76 | 1,20 | 0,00 | 0,22 | |
| | RP | 15,4 | 8,82 | 4,25 | 1,31 | -0,71 | -2,09 | -7,52 | -11,81 | -15,18 | -17,7 | -18,4 | -21,8 | -25,2 | -36,0 | -46,6 | 0,00 | -11,5 | |
| 4 | D | 7,40 | 4,78 | 3,24 | 2,32 | 1,74 | 1,36 | 0,07 | -0,76 | -1,03 | -1,04 | -0,67 | -0,64 | -0,48 | -0,76 | -0,69 | 0,00 | 0,99 | |
| | SD | 0,91 | 0,24 | 0,41 | 0,12 | 0,06 | 0,10 | 0,16 | 0,25 | 0,57 | 0,58 | 0,37 | 0,54 | 0,95 | 1,27 | 0,47 | 0,00 | 0,47 | |
| | SSRR | 0,22 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,002 | 0,008 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,00 | 0,05 | |
| | RP | 20,6 | 14,5 | 10,3 | 7,68 | 5,90 | 4,73 | 0,30 | -3,00 | -4,55 | -5,06 | -3,59 | -4,06 | -3,89 | -8,48 | -10,1 | 0,00 | 1,42 | |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhardt

TABELA 2.19. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para o Sítio IV, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| | | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------|-------|
| Mod. | Est. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | Média |
| 1 | D | 1,59 | -1,77 | -2,04 | -1,80 | -0,80 | -0,81 | 1,45 | 1,59 | 0,50 | -0,07 | 0,27 | 0,54 | 0,15 | -1,29 | -0,37 | 0,00 | -1,91 |
| | SD | 7,16 | 1,18 | 0,22 | 0,58 | 0,48 | 0,12 | 0,40 | 0,77 | 0,92 | 1,23 | 2,25 | 2,13 | 1,81 | 3,44 | 0,49 | 0,00 | 1,54 |
| | SSRR | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,006 | 0,004 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,31 | 0,08 | 0,00 | 0,04 |
| | RP | 3,39 | -4,94 | -5,85 | -5,39 | -2,41 | -2,50 | 4,68 | 5,30 | 1,64 | -0,63 | 0,61 | 1,93 | -0,33 | -14,74 | -5,88 | 0,00 | -1,68 |
| 2 | D | -0,65 | -0,76 | -0,98 | -1,02 | -0,37 | -0,75 | 0,42 | 0,59 | 0,86 | 0,92 | 0,53 | -0,18 | -0,41 | -0,51 | -0,61 | 0,00 | -0,19 |
| | SD | 7,39 | 1,16 | 0,20 | 0,56 | 0,46 | 0,11 | 0,41 | 0,76 | 0,92 | 1,24 | 2,24 | 2,12 | 1,78 | 3,48 | 0,49 | 0,00 | 1,56 |
| | SSRR | 0,03 | 0,01 | 0,006 | 0,009 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,21 | 0,10 | 0,00 | 0,04 |
| | RP | -2,00 | -2,16 | -2,85 | -3,08 | -1,13 | -2,29 | 1,33 | 1,89 | 2,99 | 3,37 | 1,77 | -1,81 | -3,77 | -8,10 | -8,79 | 0,00 | -1,64 |
| 3 | D | 7,82 | 2,92 | 1,29 | 0,32 | 0,29 | -0,63 | -1,14 | 1,83 | -2,24 | -2,20 | -2,38 | -3,01 | -3,59 | -4,50 | -4,83 | 0,00 | -0,91 |
| | SD | 6,51 | 0,90 | 0,17 | 0,37 | 0,26 | 0,03 | 0,36 | 0,80 | 0,93 | 1,28 | 2,27 | 2,15 | 1,81 | 3,47 | 0,52 | 0,00 | 1,46 |
| | SSRR | 0,19 | 0,03 | 0,008 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,11 | 0,19 | 0,36 | 1,21 | 2,05 | 0,00 | 0,29 |
| | RP | 18,4 | 7,88 | 3,66 | 0,90 | 0,85 | -1,96 | -3,75 | -6,44 | -8,58 | -9,22 | -11,2 | -16,4 | -23,7 | -42,1 | -61,6 | 0,00 | -10,2 |
| 4 | D | 9,45 | 4,58 | 2,98 | 2,04 | 2,04 | 1,15 | 0,78 | 0,23 | 0,10 | 0,39 | 0,44 | 0,008 | -0,44 | -1,29 | -1,74 | 0,00 | 1,38 |
| | SD | 6,31 | 1,25 | 0,31 | 0,69 | 0,57 | 0,17 | 0,45 | 0,76 | 0,94 | 1,22 | 2,22 | 2,10 | 1,74 | 3,38 | 0,48 | 0,00 | 1,51 |
| | SSRR | 0,27 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,31 | 0,34 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 22,4 | 12,4 | 8,55 | 6,04 | 6,10 | 3,57 | 2,51 | 0,67 | 0,15 | 1,25 | 1,39 | -0,83 | -3,94 | -14,71 | -22,86 | 0,00 | 1,52 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.20. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 40 a 45 cm de diâmetro, para o Sítio IV, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 2,62 | 0,16 | -0,68 | -1,33 | -1,21 | -0,95 | 0,01 | 0,47 | 0,77 | -0,81 | -1,73 | -1,38 | 0,94 | 1,87 | -1,70 | 0,00 | -0,20 |
| | SD | 5,94 | 2,09 | 0,59 | 0,64 | 0,03 | 0,17 | 0,39 | 0,50 | 0,43 | 0,85 | 0,68 | 0,48 | 3,13 | 4,45 | 2,13 | 0,00 | 1,50 |
| | SSRR | 0,03 | 0,009 | 0,004 | 0,01 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,015 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,18 | 0,61 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | 5,39 | 0,25 | -1,71 | -3,49 | -3,21 | -2,62 | -0,05 | 1,34 | 2,49 | -3,24 | -7,36 | -6,54 | 3,74 | 10,3 | -24,5 | 0,00 | -1,94 |
| 2 | D | -0,19 | 0,37 | 0,31 | -0,19 | -0,16 | -0,11 | -0,44 | -0,75 | -0,16 | -0,41 | -0,53 | -0,64 | 0,23 | 0,15 | -0,61 | 0,00 | -0,21 |
| | SD | 6,35 | 2,11 | 0,58 | 0,63 | 0,04 | 0,18 | 0,38 | 0,47 | 0,42 | 0,85 | 0,70 | 0,46 | 3,16 | 4,59 | 2,08 | 0,00 | 1,53 |
| | SSRR | 0,02 | 0,009 | 0,003 | 0,003 | 0,0003 | 0,001 | 0,004 | 0,008 | 0,004 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,17 | 0,31 | 0,00 | 0,04 |
| | RP | -0,62 | 0,72 | 0,73 | -0,55 | -0,45 | -0,35 | -1,38 | -2,53 | -0,68 | -1,76 | -2,41 | -3,08 | -0,07 | -1,94 | -11,2 | 0,00 | -1,71 |
| 3 | D | 8,68 | 4,99 | 3,01 | 1,31 | 0,48 | -0,14 | -2,39 | -3,62 | -3,64 | -3,85 | -3,84 | -4,07 | -3,73 | -4,51 | -6,05 | 0,00 | -1,16 |
| | SD | 5,19 | 1,98 | 0,57 | 0,65 | 0,04 | 0,14 | 0,42 | 0,47 | 0,42 | 0,90 | 0,72 | 0,58 | 3,51 | 5,13 | 2,41 | 0,00 | 1,54 |
| | SSRR | 0,18 | 0,07 | 0,03 | 0,009 | 0,001 | 0,0009 | 0,03 | 0,07 | 0,08 | 0,12 | 0,14 | 0,19 | 0,36 | 0,91 | 3,59 | 0,00 | 0,39 |
| | RP | 18,3 | 11,5 | 7,33 | 3,30 | 1,25 | -0,42 | -7,17 | -11,6 | -12,5 | -14,6 | -16,0 | -19,1 | -21,5 | -35,1 | -77,0 | 0,00 | -11,6 |
| 4 | D | 10,6 | 6,99 | 5,04 | 3,37 | 2,58 | 1,99 | -0,11 | -1,17 | -0,89 | -0,83 | -0,56 | -0,59 | -0,09 | -0,82 | -2,51 | 0,00 | 1,54 |
| | SD | 4,18 | 1,88 | 0,64 | 0,67 | 0,21 | 0,42 | 0,44 | 0,55 | 0,47 | 0,84 | 0,73 | 0,38 | 2,91 | 4,37 | 2,05 | 0,00 | 1,38 |
| | SSRR | 0,26 | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,003 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,21 | 0,92 | 0,00 | 0,12 |
| | RP | 22,5 | 16,1 | 12,3 | 8,58 | 6,75 | 5,28 | -0,43 | -3,89 | -3,20 | -3,34 | -2,59 | -2,86 | -1,79 | -8,75 | -34,2 | 0,00 | 0,70 |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhardt

Os resultados apresentados nas Tabelas 2.17 a 2.20 permitiram inferir sobre a superioridade dos modelos polinomiais em relação às funções de afilamento resultantes das razões de volume, conforme observado, principalmente, pela análise do desvio padrão das diferenças (SD) e da percentagem dos resíduos (RP) ao longo de todas as alturas relativas. Pode-se notar ainda que para todas as classes diamétricas na classe de média produtividade (sítio IV), o polinômio de potência fracionária foi superior às demais seguido pelo polinômio do 5º grau. As funções de afilamento resultantes da razão de volume, de maneira geral, apresentaram estimativas muito tendenciosas na base e no topo da árvore. O modelo de Amateis e Burkhart apresentou desempenho superior ao de Clutter e, embora tendenciosa na estimativa do diâmetro na base das árvores, de 3 a 5% da altura da árvore foi eficiente para quantificar volume, como visto no capítulo 1. Tal fato justifica-se porque, a partir do comprimento das toras padrão de 2,2 ou 2,4 metros mais o toco que fica no campo, as estimativas do diâmetro por este método foram eficientes. Também a ponta da árvore (acima de 85% da altura) foi outra porção onde foi tendenciosa a estimativa diamétrica por este procedimento. Normalmente, os danos desta tendenciosidade são minimizados pela falta de uso mais definido das porções da árvore que apresentam pequeno diâmetro.

Nas Figuras 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5 encontram-se representados os perfis médios das árvores em relação às estimativas do diâmetro, pelos diferentes procedimentos. Estes perfis permitiram visualizar os fatos discutidos anteriormente. O Apêndice 2.2 mostra as estatísticas para representar o perfil do fuste para outras classes de sítio.

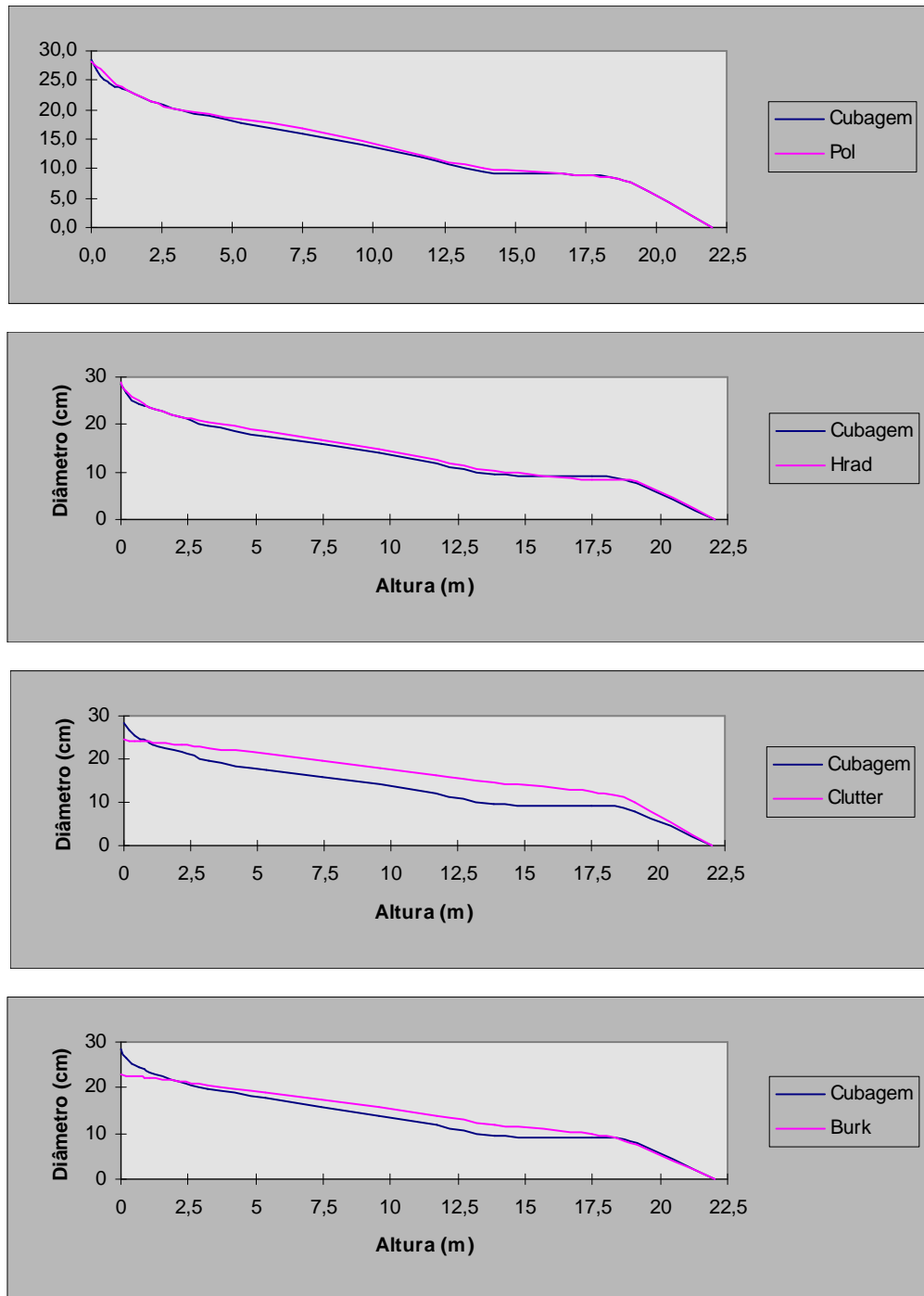


FIGURA 2.2. Perfil da árvore de *Pinus taeda* para a classe de diâmetro de 20 a 25 cm, para o sítio de média produtividade.

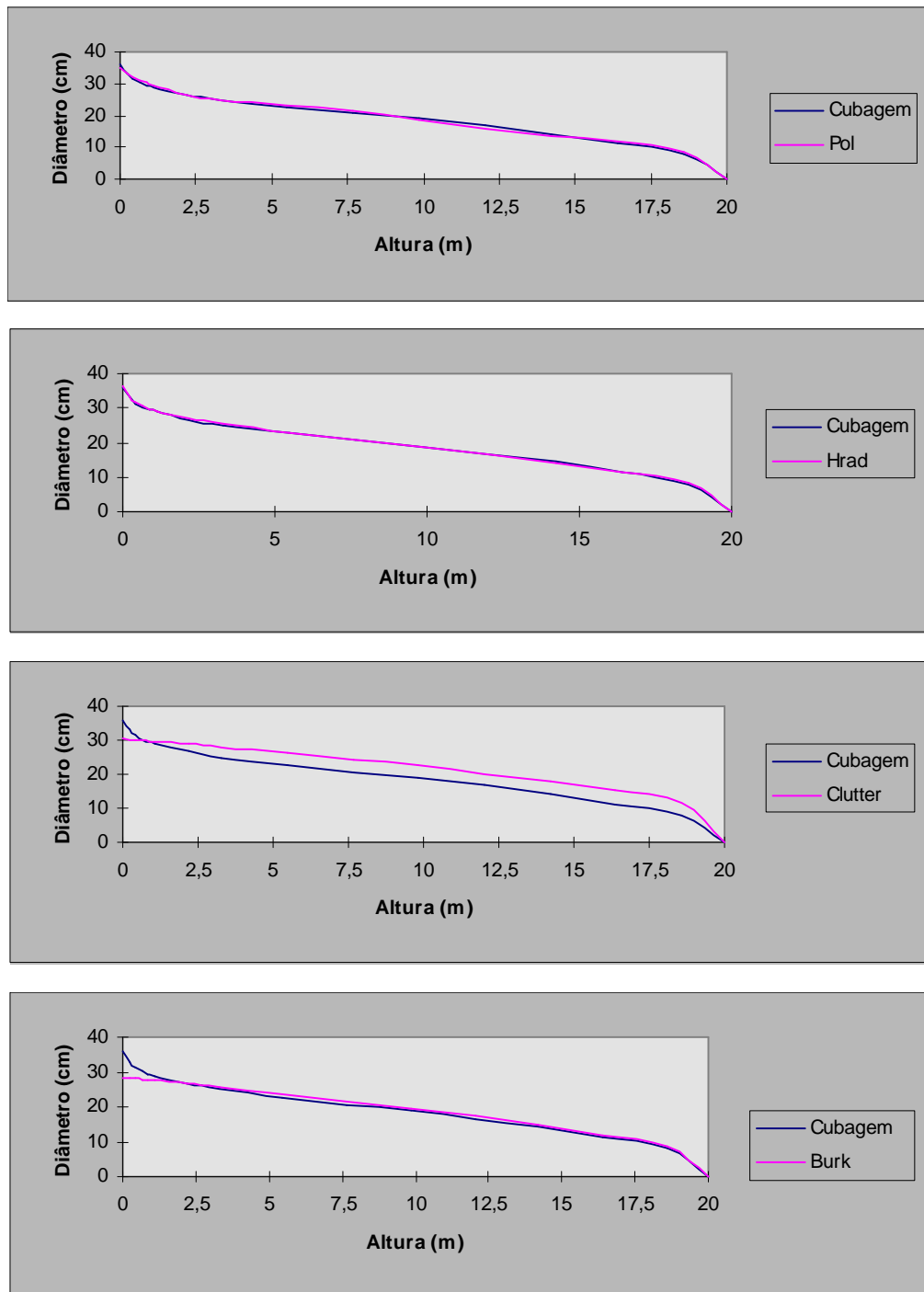


FIGURA 2.3. Perfil da árvore de *Pinus taeda* para a classe de diâmetro de 25 a 30 cm, para o sítio de média produtividade.

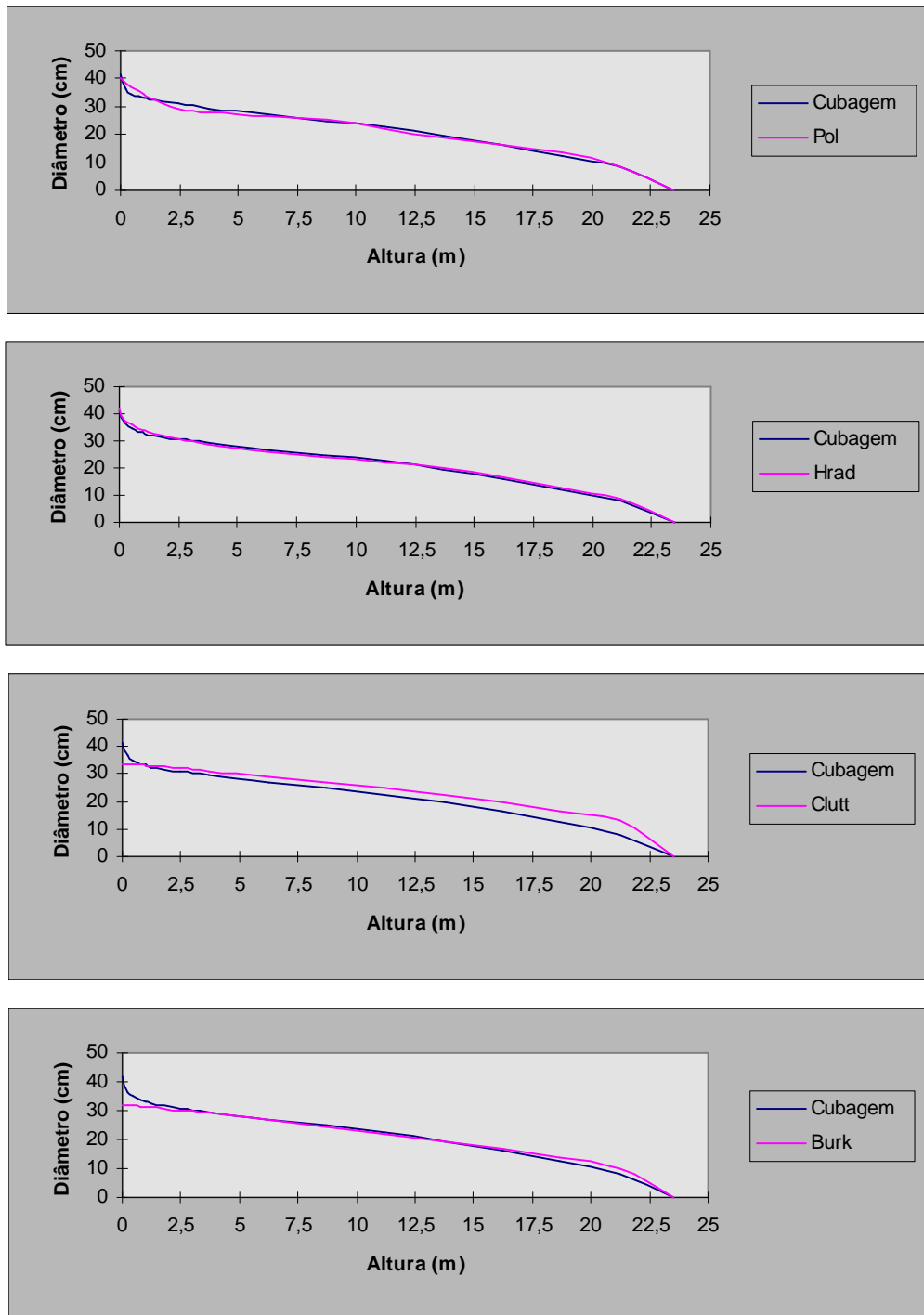


FIGURA 2.4. Perfil da árvore de *Pinus taeda* para a classe de diâmetro de 30 a 35 cm, para o sítio de média produtividade.

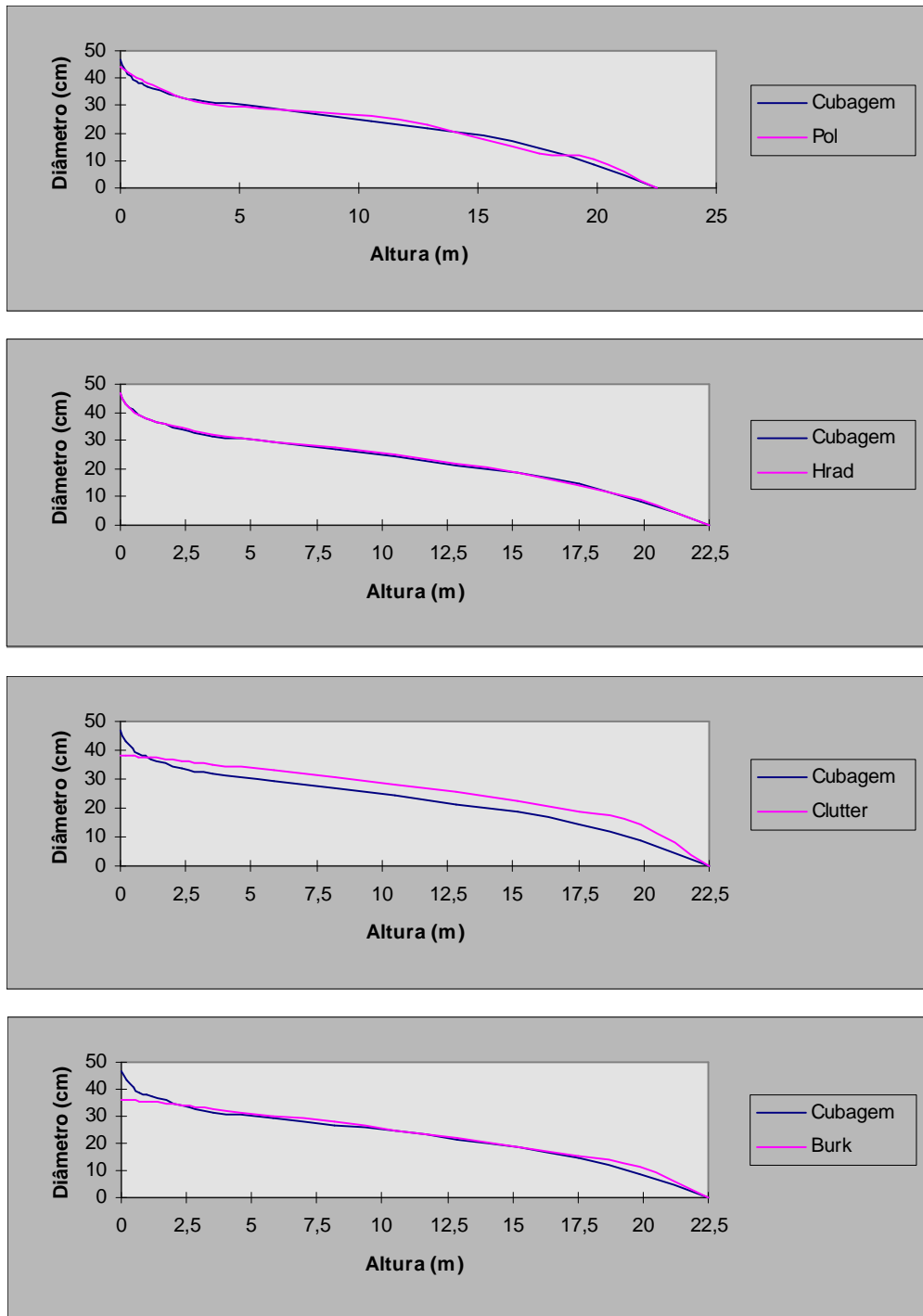


FIGURA 2.5. Perfil da árvore de *Pinus taeda* para a classe de diâmetro de 35 a 40 cm, para o sítio de média produtividade.

De maneira geral, os resultados são similares aos já apresentados e discutidos na consideração do ajuste por diferentes regiões. Pode-se observar o sucesso do ajuste dos modelos com controle da variável índice de sítio, o que pode resultar em grande economia de recursos, sem que haja perda de precisão das estimativas dos diâmetros a várias alturas e, por conseguinte, dos volumes correspondentes aos múltiplos produtos da madeira.

Outro fato relevante é que o controle da cubagem rigorosa por classe de sítio, de maneira geral foi mais eficiente que o controle desta por região administrativa. Este fato pode ser visto através dos menores valores médios dos desvios (D), desvio padrão das diferenças (SD), soma do quadrado das diferenças (SSRR) e porcentagem dos resíduos (RP) para a equação de afilamento selecionada como a de melhor desempenho em cada classe de sítio que aquelas selecionadas por região administrativa.

2.4 CONCLUSÕES

- Verificou-se, em todos os casos, que os polinômios foram superiores às razões volumétricas para estimar o perfil dos troncos, com destaque especial para o modelo de potência fracionária.
- Para as razões volumétricas, o modelo de melhor desempenho foi o de Amateis e Burkhart (1987), embora tenha apresentado tendências nas estimativas dos diâmetros da base (até 3 a 5% da altura) e do topo (acima de 75% da altura), na maioria dos casos estudados.
- As regiões, sítios e classes diamétricas influenciaram na estimativa do perfil do tronco.
- Os modelos ajustados por sítio tiveram melhores estimativas dos diâmetros ao longo do fuste.
- Para o presente conjunto de dados, deve-se usar o modelo polinomial de potência fracionária, com ajuste por sítio e por classe diamétrica, para descrever o perfil do tronco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E. Cubic-foot volume equations for loblolly pine trees in cutover site-prepared plantations. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 11, n. 4, p.190-192, Nov.1987.
- ARHENS, S. **A mathematical expression of stem form and volume for loblolly pine in southern Brazil**. Stillwater: Oklahoma State University, 1980. 59p. (Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal).
- BORGES, J.F. **Seccionamento do fuste de *Pinus taeda* L. para obtenção do volume de madeira serrada através de função de forma polinomial**. Curitiba: UFP, 1981. 81p. (Tese - Mestrado em Engenharia Florestal).
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, I.A. Variação da forma e do tronco de clones de *Eucalyptus*, em duas regiões. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7 CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993, v.2, p. 559-565.
- CAMPOS, J.C.C.; LIMA, F.S.; PAULA NETO, F.; REGAZZI, A.J.; RIBEIRO, G.A. **“Taper”, volume e altura *Pinus elliotti***. Viçosa, SIF, 1987. 84p. (Boletim Técnico, 1)
- CAMPOS, J.C.C.; RIBEIRO, J.C. Avaliação de dois modelos de taper em árvores de *Pinus patula*, **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.2, p. 140-149, jul./dez.1982.
- CAMPOS, J.C.C.; ZUNCONI, J.M.; RIBEIRO, J.C. Teste de um novo modelo para expressar “taper”. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudos de volumetria de espécies florestais, 5, 1982. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA/URPFCS, 1982. p. 47-50.
- CLUTTER, J.L. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 1, p.117-120, Mar. 1980.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 83, p.36-46, 1996.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, C.G.de; MOURA, J.B.de; CUNHA, U.S.da. Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliotti*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7 CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p. 501-503.
- FRIEDL, R.A. **Dinâmica da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucária angustifolia* (Bert) O. Ktze**. Curitiba: UFP, 1989. 166p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

- GARCIA, S.R.L.; LEITE, H.G.; YARED, J.A.G. Análise do perfil do tronco de Morototó (*Didymopanax morototonii*) em função do espaçamento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7 CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p. 504-509.
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para florestamento no Brasil**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66p.
- GUIMARÃES, D.P. **Uso de curva de potência na determinação de séries relativas contínuas de forma para espécies florestais**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1982. 24p. (Boletim de Pesquisa, 14).
- GUIMARÃES, D.P.; LEITE, H.G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n.2, p.170-180, maio/ago. 1992.
- HOJER, A.G. **Tallers och granenes tillræxt**. Biran till Fr. Loven. Om vara barrskogar. Stocklan, 1903.
- HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abhanger keiten. (Biometrische Beitrage zu aktuellen forschung projekten)**. Baden - Wurtemberg Mitteilungen der FVA, Helf 76, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p. (Documentos, 18).
- JORGE, L.A.B. **Utilizaao de curvas de forma em séries relativas transformadas nas estimativas de volume totais e parciais de árvores de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFP, 1982. 91p. (Dissertaao - Mestrado em Engenharia Florestal).
- JORGE, L.A.B.; LARA, H.A. Programa de sortimento de madeira serrada de povoamentos de *Pinus elliotti* com alternativas de produtos padronizados. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7 CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p. 539-544.
- LIMA, F.S. **Análise de funçoes “taper” destinadas à avaliaao de multiprodutos de árvores de *Pinus elliotti***. Viçosa: UFV, 1986. 70p. (Tese-Mestrado em Ciências Florestais).
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympo/ Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Paraná, 1981. 450p.
- MACHADO, S.do A.; SCHOPFER, W. Estimativa volumétrica de madeira serrada cp,p instrumento de apoio às tomadas de decisões de investimento na utilizaao de plantaoes de Pinus. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBS/SBEF, 1982. p.657-660.

- ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica por unidade de área em povoamento de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFP, 1989. 163p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- SCHNEIDER, P.R. Forma de tronco e sortimentos para *Pinus elliotti* Engelm, da floresta nacional de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. **Acta Forest Brasil**, Curitiba, 1, 1986 p. 43-64.
- SCHOEPFER, W. **Automatisierung des Massen, Sorten und Wertberechnung stender Waldbestände Schriftenreihe Bad.** [S.l.]: Wurttt-Forstl., 1966. n.p.
- SCOLFORO, J.R.S. **Modelo de prognose com simulador de desbaste para *Pinus taeda* e *Pinus elliotti*.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 75p.
- SILVA, J.A. Funções de forma dos troncos de (*Pinus taeda*, *Picea exelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestris*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, Curitiba, 1982. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1982. p.29-45. (Documento, 9).
- SOARES, J.B. **Otimização do sortimento de produtos florestais a partir de funções de distribuição diamétrica e funções de forma.** Viçosa: UFV, 1993. 105p. (Tese - Mestrado em Engenharia Florestal).

APÊNDICES

APÊNDICE 2.1

- Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* por classe diamétrica e região.

TABELA 2.1. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para região de Ouro Verde, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 0,7 | -0,84 | -1,76 | -1,31 | -0,97 | -0,78 | 0,09 | -0,07 | -0,28 | -0,69 | -0,39 | 0,32 | -0,04 | -0,13 | 0,00 | 0,00 | -0,44 |
| | SD | 1,02 | 0,75 | 0,16 | 0,11 | 0,14 | 0,16 | 0,07 | 0,10 | 0,11 | 0,06 | 0,17 | 0,50 | 0,79 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,31 |
| | SSRR | 0,012 | 0,016 | 0,029 | 0,017 | 0,011 | 0,009 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 2,23 | -3,38 | -7,31 | -5,52 | -4,22 | -3,49 | 0,38 | -0,37 | -1,52 | -4,18 | -2,73 | 2,13 | -1,97 | -2,14 | 0,00 | 0,00 | -2,29 |
| 2 | D | -0,24 | -0,78 | -1,27 | -0,81 | -0,60 | -0,57 | -0,35 | -0,62 | -0,25 | -0,31 | -0,27 | 0,06 | -0,2 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | -0,43 |
| | SD | 1,02 | 0,75 | 0,18 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,07 | 0,11 | 0,11 | 0,05 | 0,17 | 0,50 | 0,79 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,31 |
| | SSRR | 0,011 | 0,015 | 0,017 | 0,0077 | 0,006 | 0,006 | 0,003 | 0,007 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,029 | 0,09 | 0,018 | 0,00 | 0,00 | 0,016 |
| | RP | -1,06 | -3,18 | -5,32 | -3,45 | -2,62 | -2,57 | -1,65 | -3,09 | -1,34 | -1,86 | -1,89 | -0,005 | -3,63 | 1,87 | 0,00 | 0,00 | -2,13 |
| 3 | D | 6,26 | 3,81 | 2,07 | 1,79 | 1,50 | 1,12 | 0,22 | -0,63 | -0,92 | -1,51 | -2,11 | -2,46 | -3,21 | -2,59 | 0,00 | 0,00 | 0,24 |
| | SD | 1,31 | 0,97 | 0,23 | 0,17 | 0,19 | 0,26 | 0,11 | 0,11 | 0,20 | 0,12 | 0,25 | 0,53 | 0,83 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,39 |
| | SSRR | 0,24 | 0,11 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,002 | 0,007 | 0,02 | 0,05 | 0,12 | 0,26 | 0,77 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
| | RP | 21,5 | 14,3 | 8,37 | 7,40 | 6,27 | 4,78 | 0,98 | -3,14 | -4,93 | -9,16 | -14,74 | -20,75 | -35,96 | -32,76 | 0,00 | 0,00 | -4,098 |
| 4 | D | 7,06 | 4,61 | 2,89 | 2,63 | 2,35 | 1,99 | 1,16 | 0,39 | 0,26 | -0,20 | -0,67 | -0,93 | -1,61 | -0,98 | 0,00 | 0,00 | 1,35 |
| | SD | 1,08 | 0,79 | 0,23 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,07 | 0,11 | 0,14 | 0,07 | 0,22 | 0,52 | 0,80 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,33 |
| | SSRR | 0,30 | 0,16 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,015 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,02 | 0,07 | 0,28 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 24,3 | 17,4 | 11,76 | 10,91 | 9,9 | 8,57 | 5,39 | 1,98 | 1,44 | -1,17 | -4,70 | -8,14 | -18,51 | -12,7 | 0,00 | 0,00 | 3,31 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.2. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para região de Ouro Verde, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,86 | 0,09 | -1,08 | -0,96 | -0,86 | -0,66 | -0,11 | -0,20 | -1,09 | -1,53 | -0,98 | -0,28 | 0,23 | -0,43 | 0,11 | 0,00 | -0,32 |
| | SD | 3,59 | 1,44 | 0,65 | 0,46 | 0,15 | 0,03 | 0,17 | 0,18 | 0,27 | 0,18 | 0,28 | 0,26 | 0,38 | 0,46 | 0,43 | 0,00 | 0,59 |
| | SSRR | 0,046 | 0,012 | 0,013 | 0,010 | 0,006 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 7,47 | 0,08 | -3,71 | -3,38 | -3,07 | -2,39 | -0,47 | -0,93 | -5,45 | -8,33 | -6,12 | -2,19 | 1,44 | -5,30 | 0,20 | 0,00 | -2,14 |
| 2 | D | 1,32 | 0,27 | -0,35 | -0,23 | -0,29 | -0,33 | -0,71 | -0,98 | -1,07 | -0,97 | -0,76 | -0,68 | -0,12 | 0,08 | -0,09 | 0,00 | -0,33 |
| | SD | 3,65 | 1,43 | 0,66 | 0,45 | 0,15 | 0,03 | 0,16 | 0,17 | 0,27 | 0,19 | 0,29 | 0,26 | 0,38 | 0,47 | 0,43 | 0,00 | 0,60 |
| | SSRR | 0,025 | 0,012 | 0,007 | 0,005 | 0,002 | 0,001 | 0,006 | 0,012 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 3,26 | 0,61 | -1,28 | -0,85 | -1,11 | -1,21 | -2,88 | -4,26 | -5,38 | -5,37 | -4,82 | -4,93 | -1,40 | -0,20 | -2,34 | 0,00 | -2,14 |
| 3 | D | 8,83 | 4,90 | 2,69 | 1,89 | 1,18 | 0,67 | -1,06 | -2,04 | -2,90 | -3,25 | -3,36 | -3,56 | -3,28 | -3,13 | -1,79 | 0,00 | -0,28 |
| | SD | 3,93 | 1,77 | 0,90 | 0,64 | 0,28 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,32 | 0,22 | 0,31 | 0,27 | 0,40 | 0,35 | 0,36 | 0,00 | 0,67 |
| | SSRR | 0,30 | 0,12 | 0,04 | 0,025 | 0,011 | 0,003 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,16 | 0,22 | 0,33 | 0,39 | 0,59 | 0,35 | 0,00 | 0,18 |
| | RP | 23,7 | 14,8 | 8,75 | 6,35 | 4,08 | 2,40 | -4,27 | -8,76 | -14,2 | -17,5 | -20,35 | -24,84 | -26,7 | -32,4 | -23,3 | 0,00 | -7,48 |
| 4 | D | 9,82 | 5,91 | 3,72 | 2,94 | 2,25 | 1,76 | 0,12 | -0,76 | -1,45 | -1,62 | -1,59 | -1,66 | -1,30 | -1,12 | 0,13 | 0,00 | 1,14 |
| | SD | 3,45 | 1,44 | 0,69 | 0,46 | 0,16 | 0,03 | 0,15 | 0,16 | 0,22 | 0,15 | 0,25 | 0,26 | 0,40 | 0,43 | 0,42 | 0,00 | 0,58 |
| | SSRR | 0,34 | 0,17 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,002 | 0,008 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 | 0,05 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 26,5 | 17,9 | 12,2 | 9,96 | 7,87 | 6,35 | 0,43 | -3,29 | -7,13 | -8,82 | -9,72 | -11,7 | -10,8 | -12,2 | 0,40 | 0,00 | 1,20 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.3. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para região de Ouro Verde, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 4,36 | -0,76 | -1,77 | -1,44 | -1,26 | -1,13 | 0,84 | 0,84 | -0,14 | -0,97 | -1,09 | -0,70 | 0,24 | -0,67 | -1,59 | 0,00 | -0,35 |
| | SD | 8,98 | 0,61 | 0,29 | 0,24 | 0,06 | 0,15 | 0,35 | 0,21 | 0,46 | 0,96 | 0,55 | 0,72 | 1,79 | 0,25 | 0,11 | 0,00 | 1,05 |
| | SSRR | 0,07 | 0,006 | 0,015 | 0,012 | 0,008 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,03 | 0,006 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,24 | 0,00 | 0,037 |
| | RP | 9,5 | -2,18 | -5,25 | -4,41 | -3,94 | -3,61 | 2,80 | 3,02 | -0,72 | -4,61 | -5,56 | -4,28 | 0,52 | -6,02 | -21,01 | 0,00 | -3,05 |
| 2 | D | 1,12 | 0,52 | -0,47 | -0,40 | -0,54 | -0,74 | -0,006 | -0,32 | -0,43 | -0,28 | -0,38 | -0,77 | -0,50 | -1,06 | -0,7 | 0,00 | -0,33 |
| | SD | 8,83 | 0,60 | 0,28 | 0,24 | 0,06 | 0,15 | 0,36 | 0,21 | 0,46 | 0,95 | 0,54 | 0,72 | 1,81 | 0,259 | 0,11 | 0,00 | 1,04 |
| | SSRR | 0,031 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 1,89 | 1,37 | -1,41 | -1,24 | -1,69 | -2,38 | -0,062 | -1,22 | -1,88 | -1,53 | -2,07 | -4,61 | -4,34 | -9,47 | -9,46 | 0,00 | -2,54 |
| 3 | D | 10,22 | 3,82 | 1,66 | 0,96 | 0,22 | -0,46 | -1,27 | -2,43 | -3,32 | -3,31 | -3,22 | -3,34 | -2,99 | -3,90 | -3,97 | 0,00 | -0,76 |
| | SD | 10,2 | 0,59 | 0,43 | 0,37 | 0,17 | 0,43 | 0,77 | 0,43 | 0,72 | 1,35 | 0,86 | 1,10 | 2,32 | 0,39 | 0,08 | 0,00 | 1,34 |
| | SSRR | 0,29 | 0,06 | 0,015 | 0,007 | 0,001 | 0,005 | 0,017 | 0,04 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,22 | 0,32 | 0,62 | 1,37 | 0,00 | 0,22 |
| | RP | 23,3 | 10,5 | 4,89 | 2,88 | 0,68 | -1,49 | -4,37 | -8,95 | -13,7 | -15,06 | -16,07 | -19,15 | -20,71 | -34,22 | -51,86 | 0,00 | -9,55 |
| 4 | D | 11,6 | 5,20 | 3,06 | 2,38 | 1,66 | 1,00 | 0,29 | -0,76 | -1,45 | -1,25 | -1,01 | -0,99 | -0,57 | -1,47 | -1,66 | 0,00 | 1,07 |
| | SD | 9,27 | 0,59 | 0,28 | 0,24 | 0,06 | 0,16 | 0,40 | 0,21 | 0,46 | 0,99 | 0,58 | 0,76 | 1,87 | 0,29 | 0,11 | 0,00 | 1,08 |
| | SSRR | 0,37 | 0,10 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,10 | 0,26 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 26,5 | 14,3 | 9,02 | 7,19 | 5,18 | 3,21 | 0,98 | -2,82 | -6,05 | -5,88 | -5,15 | -5,91 | -4,77 | -12,99 | -21,95 | 0,00 | 0,06 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.4. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para região de Ouro Verde, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,17 | -0,21 | -0,80 | -1,44 | -0,66 | -0,17 | 0,77 | 1,21 | 0,96 | -0,35 | -0,68 | -0,38 | 0,29 | 0,06 | -1,73 | 0,00 | -0,13 |
| | SD | 1,67 | 1,35 | 0,38 | 0,45 | 0,26 | 0,25 | 0,38 | 0,55 | 0,78 | 2,13 | 2,72 | 2,01 | 1,72 | 1,63 | 0,65 | 0,00 | 1,13 |
| | SSRR | 0,009 | 0,006 | 0,004 | 0,009 | 0,003 | 0,001 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,04 |
| | RP | 2,33 | -0,71 | -2,04 | -3,71 | -1,69 | -0,45 | 2,19 | 3,63 | 3,01 | -1,83 | -3,55 | -2,69 | 0,77 | -0,91 | -23,39 | 0,00 | -1,94 |
| 2 | D | -1,36 | 0,91 | 0,338 | -0,55 | -0,09 | 0,06 | -0,19 | 0,0008 | 0,80 | 0,53 | 0,12 | -0,52 | -0,59 | -0,34 | -0,77 | 0,00 | -0,11 |
| | SD | 1,51 | 1,39 | 0,38 | 0,42 | 0,24 | 0,24 | 0,39 | 0,56 | 0,78 | 2,14 | 2,72 | 2,01 | 1,71 | 1,63 | 0,65 | 0,00 | 1,12 |
| | SSRR | 0,012 | 0,008 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,004 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,15 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | -3,26 | 1,93 | 0,77 | -1,4 | -0,21 | 0,16 | -0,58 | -0,062 | 2,50 | 1,42 | -0,23 | -3,35 | -4,37 | -3,92 | -11,28 | 0,00 | -1,46 |
| 3 | D | 7,39 | 4,63 | 2,82 | 1,07 | 0,88 | 0,49 | -1,50 | -2,30 | -2,44 | -2,95 | -3,28 | -3,81 | -4,12 | -4,64 | -5,62 | 0,00 | -0,89 |
| | SD | 1,51 | 1,30 | 0,52 | 0,63 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 0,89 | 1,05 | 2,41 | 3,10 | 2,12 | 1,62 | 1,60 | 0,59 | 0,00 | 1,27 |
| | SSRR | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,014 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,24 | 0,37 | 0,78 | 2,81 | 0,00 | 0,32 |
| | RP | 16,04 | 10,72 | 6,91 | 2,81 | 2,34 | 1,32 | -4,36 | -7,09 | -8,27 | -11,43 | -14,30 | -19,21 | -24,61 | -36,43 | -72,21 | 0,00 | -10,52 |
| 4 | D | 8,54 | 5,82 | 4,03 | 2,31 | 2,15 | 1,79 | -0,06 | -0,72 | -0,61 | -0,88 | -0,98 | -1,33 | -1,51 | -1,97 | -3,05 | 0,00 | 0,90 |
| | SD | 1,95 | 1,49 | 0,39 | 0,44 | 0,27 | 0,27 | 0,43 | 0,62 | 0,78 | 2,11 | 2,76 | 1,96 | 1,70 | 1,63 | 0,65 | 0,00 | 1,16 |
| | SSRR | 0,176 | 0,095 | 0,05 | 0,02 | 0,018 | 0,013 | 0,003 | 0,008 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,1 | 0,22 | 0,95 | 0,00 | 0,12 |
| | RP | 18,56 | 13,49 | 9,90 | 6,02 | 5,66 | 4,77 | -0,19 | -2,27 | -2,18 | -3,76 | -4,78 | -7,24 | -9,56 | -16,25 | -39,97 | 0,00 | -1,85 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.5. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para região de Jaguariáva, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 0,41 | -0,13 | -0,38 | -0,30 | -0,50 | -0,40 | 0,014 | 0,20 | -0,34 | -0,58 | -0,52 | -0,08 | -1,17 | -0,92 | 0,00 | 0,00 | -0,34 |
| | SD | 0,71 | 0,40 | 0,49 | 0,47 | 0,08 | 0,30 | 0,10 | 0,18 | 1,92 | 1,29 | 1,79 | 1,95 | 2,29 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,88 |
| | SSRR | 0,007 | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0,003 | 0,006 | 0,002 | 0,003 | 0,05 | 0,05 | 0,09 | 0,12 | 0,42 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,064 |
| | RP | 1,16 | -0,67 | -1,66 | -1,37 | -2,06 | -1,77 | 0,05 | 0,87 | -2,58 | -3,91 | -4,67 | -2,62 | -17,7 | -13,52 | 0,00 | 0,00 | -3,60 |
| 2 | D | -0,32 | 1,42 | 1,41 | 1,49 | 1,20 | 1,18 | 1,12 | 1,28 | 1,29 | 1,24 | 0,88 | 0,99 | 0,42 | -0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,95 |
| | SD | 0,68 | 0,46 | 0,56 | 0,51 | 0,09 | 0,31 | 0,09 | 0,18 | 1,88 | 1,24 | 1,76 | 1,94 | 2,30 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,88 |
| | SSRR | 0,008 | 0,017 | 0,018 | 0,02 | 0,012 | 0,015 | 0,014 | 0,021 | 0,061 | 0,055 | 0,076 | 0,12 | 0,19 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | -1,33 | 4,89 | 5,08 | 5,58 | 4,80 | 4,77 | 5,08 | 6,04 | 6,00 | 6,57 | 4,66 | 6,03 | 0,66 | -4,34 | 0,00 | 0,00 | 3,89 |
| 3 | D | 8,31 | 6,76 | 5,62 | 4,91 | 4,02 | 3,49 | 1,87 | 1,18 | 0,36 | -0,22 | -1,34 | -2,49 | -4,69 | -4,43 | 0,00 | 0,00 | 1,67 |
| | SD | 1,42 | 1,09 | 1,07 | 0,83 | 0,24 | 0,42 | 0,09 | 0,23 | 1,80 | 1,16 | 1,70 | 1,92 | 2,29 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 1,04 |
| | SSRR | 0,40 | 0,29 | 0,23 | 0,18 | 0,13 | 0,11 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,13 | 0,40 | 2,18 | 1,59 | 0,00 | 0,00 | 0,41 |
| | RP | 27,9 | 24,0 | 20,8 | 18,8 | 16,1 | 14,3 | 8,4 | 5,53 | 1,09 | -1,86 | -10,14 | -21,9 | -58,4 | -61,2 | 0,00 | 0,00 | -1,17 |
| 4 | D | 4,90 | 3,41 | 2,34 | 1,69 | 0,86 | 0,39 | -0,92 | -1,29 | -1,48 | -1,43 | -1,91 | -2,41 | -3,98 | -3,09 | 0,00 | 0,00 | -0,21 |
| | SD | 1,09 | 0,72 | 0,79 | 0,65 | 0,14 | 0,38 | 0,11 | 0,20 | 1,86 | 1,22 | 1,77 | 1,96 | 2,29 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| | SSRR | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,03 | 0,007 | 0,006 | 0,01 | 0,023 | 0,09 | 0,08 | 0,19 | 0,39 | 1,69 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| | RP | 16,4 | 12,0 | 8,55 | 6,3 | 3,4 | 1,5 | -4,19 | -6,26 | -8,61 | -8,82 | -13,93 | -21,34 | -50,17 | -43,14 | 0,00 | 0,00 | -7,73 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.6. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para região de Jaguariáva, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,79 | -0,016 | -0,41 | -0,45 | -0,68 | -0,40 | 0,63 | 0,74 | 0,42 | -0,22 | 0,44 | 1,35 | 1,90 | 0,04 | 0,62 | 0,00 | 0,38 |
| | SD | 1,00 | 0,97 | 0,51 | 0,33 | 0,11 | 0,07 | 0,16 | 0,52 | 0,75 | 0,29 | 0,37 | 0,53 | 0,85 | 1,70 | 0,14 | 0,00 | 0,55 |
| | SSRR | 0,018 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,007 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,17 | 0,04 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 4,95 | -0,26 | -1,47 | -1,60 | -2,41 | -1,46 | 2,46 | 2,93 | 1,70 | -1,12 | 2,29 | 7,77 | 12,57 | -2,22 | 8,18 | 0,00 | 2,15 |
| 2 | D | 0,29 | -0,003 | 0,32 | 0,32 | -0,07 | -0,01 | 0,096 | -0,029 | 0,339 | 0,269 | 0,717 | 1,01 | 1,46 | 0,61 | 0,38 | 0,00 | 0,38 |
| | SD | 0,96 | 0,95 | 0,51 | 0,33 | 0,11 | 0,07 | 0,17 | 0,54 | 0,75 | 0,28 | 0,36 | 0,54 | 0,87 | 1,67 | 0,14 | 0,00 | 0,55 |
| | SSRR | 0,007 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,0007 | 0,002 | 0,007 | 0,001 | 0,006 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,16 | 0,02 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 0,63 | -0,21 | 0,93 | 1,01 | -0,24 | -0,06 | 0,39 | -0,19 | 1,34 | 1,28 | 3,71 | 5,76 | 9,56 | 3,67 | 4,92 | 0,00 | 2,17 |
| 3 | D | 11,2 | 8,32 | 6,98 | 6,06 | 5,08 | 4,66 | 3,37 | 2,40 | 1,65 | 0,80 | 0,56 | 0,05 | -0,67 | -3,28 | -3,37 | 0,00 | 2,92 |
| | SD | 1,71 | 1,45 | 0,72 | 0,40 | 0,12 | 0,13 | 0,03 | 0,36 | 0,57 | 0,16 | 0,23 | 0,39 | 0,76 | 1,68 | 0,14 | 0,00 | 0,59 |
| | SSRR | 0,52 | 0,34 | 0,26 | 0,21 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,04 | 0,92 | 0,88 | 0,00 | 0,25 |
| | RP | 32 | 25,92 | 22,82 | 20,53 | 17,89 | 16,72 | 12,96 | 9,72 | 7,16 | 3,86 | 2,89 | 0,16 | -5,02 | -35,9 | -46,3 | 0,00 | 5,69 |
| 4 | D | 6,80 | 3,97 | 2,70 | 1,86 | 0,95 | 0,60 | -0,32 | -0,92 | -0,92 | -1,02 | -0,50 | -0,24 | -0,20 | -2,06 | -1,46 | 0,00 | 0,61 |
| | SD | 1,32 | 1,28 | 0,65 | 0,39 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,51 | 0,74 | 0,25 | 0,32 | 0,50 | 0,83 | 1,68 | 0,15 | 0,00 | 0,60 |
| | SSRR | 0,19 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,007 | 0,003 | 0,002 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,51 | 0,19 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 19,3 | 12,2 | 8,76 | 6,24 | 3,32 | 2,14 | -1,23 | -3,85 | -4,25 | -5,01 | -2,70 | -1,59 | -1,81 | -23,49 | -20,28 | 0,00 | -0,81 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.7. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para região de Jaguariaíva, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,24 | 0,58 | -0,31 | 0,58 | -0,11 | -0,36 | 1,14 | 1,11 | 0,57 | -0,12 | 0,24 | 0,49 | 0,47 | -2,03 | -0,78 | 0,00 | 0,10 |
| | SD | 2,01 | 1,40 | 0,99 | 0,52 | 0,23 | 0,13 | 0,12 | 0,15 | 0,38 | 0,70 | 0,75 | 0,41 | 0,91 | 0,73 | 0,18 | 0,00 | 0,64 |
| | SSRR | 0,01 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,001 | 0,001 | 0,007 | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,009 | 0,01 | 0,026 | 0,26 | 0,09 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 2,73 | 1,26 | -1,03 | -1,71 | -0,34 | -1,12 | 3,54 | 3,63 | 1,85 | -0,76 | 0,71 | 2,17 | 2,11 | -19,29 | -10,8 | 0,00 | -1,14 |
| 2 | D | -0,31 | 0,36 | 0,50 | 0,34 | 0,64 | 0,12 | 0,44 | 0,16 | 0,58 | 0,56 | 0,49 | -0,02 | 0,04 | -1,37 | -0,99 | 0,00 | 0,10 |
| | SD | 1,96 | 1,38 | 1,02 | 0,53 | 0,23 | 0,13 | 0,12 | 0,14 | 0,38 | 0,72 | 0,76 | 0,40 | 0,90 | 0,73 | 0,18 | 0,00 | 0,64 |
| | SSRR | 0,009 | 0,007 | 0,006 | 0,003 | 0,003 | 0,0009 | 0,002 | 0,001 | 0,005 | 0,009 | 0,01 | 0,008 | 0,02 | 0,15 | 0,13 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | -0,98 | 0,72 | 1,14 | 0,87 | 1,81 | 0,30 | 1,33 | 0,46 | 1,90 | 1,85 | 1,77 | -0,35 | -0,46 | -13,28 | -13,58 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | D | 14,81 | 12,64 | 10,43 | 8,99 | 8,44 | 7,28 | 5,90 | 4,81 | 4,32 | 3,58 | 2,65 | 0,96 | -0,62 | -4,05 | -4,82 | 0,00 | 5,02 |
| | SD | 3,39 | 2,53 | 2,09 | 1,06 | 0,51 | 0,59 | 0,47 | 0,53 | 0,83 | 1,27 | 1,16 | 0,64 | 1,10 | 0,75 | 0,19 | 0,00 | 1,14 |
| | SSRR | 0,62 | 0,51 | 0,39 | 0,32 | 0,29 | 0,23 | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,80 | 2,16 | 0,00 | 0,39 |
| | RP | 35,2 | 31,7 | 27,8 | 25,0 | 24,0 | 21,4 | 18,4 | 15,8 | 15,0 | 13,3 | 10,8 | 4,34 | -4,53 | -37,5 | -64,7 | 0,00 | 9,08 |
| 4 | D | 8,94 | 6,86 | 4,74 | 3,38 | 2,92 | 1,85 | 0,92 | 0,27 | 0,69 | 0,87 | 0,87 | 0,12 | -0,51 | -2,99 | -2,89 | 0,00 | 1,74 |
| | SD | 2,78 | 2,01 | 1,55 | 0,75 | 0,31 | 0,30 | 0,23 | 0,26 | 0,55 | 0,97 | 0,95 | 0,52 | 0,99 | 0,72 | 0,18 | 0,00 | 0,87 |
| | SSRR | 0,23 | 0,15 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,005 | 0,003 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | 0,009 | 0,04 | 0,47 | 0,81 | 0,00 | 0,13 |
| | RP | 21,1 | 17,2 | 12,5 | 9,35 | 8,28 | 5,39 | 2,80 | 0,79 | 2,25 | 2,98 | 3,30 | 0,27 | -3,81 | -27,98 | -38,91 | 0,00 | 1,03 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.8. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para região de Jaguariaíva, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,92 | 0,27 | -1,19 | -1,25 | -1,86 | -1,38 | 0,20 | 1,00 | 0,99 | 0,22 | -1,22 | -1,25 | 1,44 | 2,35 | -1,86 | 0,00 | -0,04 |
| | SD | 0,76 | 0,55 | 0,55 | 0,48 | 0,29 | 0,15 | 0,43 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,67 | 0,63 | 0,52 | 0,06 | 0,34 | 0,00 | 0,42 |
| | SSRR | 0,02 | 0,002 | 0,007 | 0,007 | 0,01 | 0,007 | 0,003 | 0,006 | 0,007 | 0,003 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,13 | 0,24 | 0,00 | 0,036 |
| | RP | 6,06 | 0,57 | -2,91 | -3,12 | -4,86 | -3,63 | 0,54 | 2,98 | 3,19 | 0,75 | -4,90 | -5,75 | 7,25 | 15,87 | -20,06 | 0,00 | -0,53 |
| 2 | D | 0,40 | -0,17 | -0,30 | 0,021 | -0,58 | -0,25 | 0,0001 | -0,59 | -0,27 | 0,33 | 0,04 | -0,26 | 0,62 | 0,21 | 0,39 | 0,00 | -0,0002 |
| | SD | 0,72 | 0,54 | 0,53 | 0,45 | 0,26 | 0,14 | 0,43 | 0,26 | 0,29 | 0,30 | 0,69 | 0,61 | 0,52 | 0,06 | 0,36 | 0,00 | 0,41 |
| | SSRR | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,03 | 0,00 | 0,006 |
| | RP | 0,76 | -0,42 | -0,74 | 0,05 | -1,51 | -0,64 | -0,03 | -0,57 | -0,87 | 1,12 | -0,06 | -1,31 | 3,05 | 1,36 | 3,35 | 0,00 | 0,24 |
| 3 | D | 17,85 | 14,02 | 11,48 | 10,41 | 8,87 | 8,48 | 6,74 | 5,61 | 4,58 | 4,33 | 2,77 | 0,81 | -0,031 | -2,06 | -3,95 | 0,00 | 5,99 |
| | SD | 1,34 | 0,63 | 0,24 | 0,13 | 0,05 | 0,008 | 0,35 | 0,09 | 0,19 | 0,16 | 0,84 | 0,52 | 0,50 | 0,06 | 0,37 | 0,00 | 0,36 |
| | SSRR | 0,698 | 0,512 | 0,39 | 0,34 | 0,27 | 0,25 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,06 | 0,014 | 0,01 | 0,10 | 0,94 | 0,00 | 0,28 |
| | RP | 37,3 | 31,98 | 27,9 | 26,1 | 23,2 | 22,5 | 19,04 | 16,7 | 14,7 | 14,7 | 10,4 | 3,49 | -0,37 | -13,98 | -41,82 | 0,00 | 12,79 |
| 4 | D | 10,6 | 6,91 | 4,48 | 3,51 | 2,07 | 1,78 | 0,56 | -0,052 | -0,037 | 0,77 | 0,30 | -0,56 | -0,29 | -1,21 | -2,04 | 0,00 | 1,79 |
| | SD | 1,08 | 0,58 | 0,34 | 0,26 | 0,13 | 0,05 | 0,38 | 0,18 | 0,24 | 0,23 | 0,75 | 0,56 | 0,50 | 0,06 | 0,35 | 0,00 | 0,38 |
| | SSRR | 0,25 | 0,13 | 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,037 | 0,29 | 0,00 | 0,058 |
| | RP | 22,2 | 15,7 | 10,9 | 8,79 | 5,42 | 4,74 | 1,55 | -0,15 | -0,14 | 2,61 | 0,93 | -2,66 | -1,71 | -8,24 | -21,98 | 0,00 | 2,53 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.9. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para região de Pouso Alto, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 1,03 | -0,28 | -0,35 | -0,43 | -0,70 | -0,26 | 0,50 | 0,54 | -0,41 | -0,93 | -0,42 | 0,098 | -0,09 | -0,63 | 0,16 | 0,00 | -0,14 |
| | SD | 1,05 | 0,58 | 0,33 | 0,34 | 0,30 | 0,20 | 0,18 | 0,32 | 0,47 | 0,33 | 0,29 | 0,35 | 0,12 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,33 |
| | SSRR | 0,01 | 0,008 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,003 | 0,005 | 0,009 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,008 | 0,03 | 0,004 | 0,00 | 0,01 |
| | RP | 3,23 | -1,38 | -1,47 | -1,88 | -2,88 | -1,04 | 2,24 | 2,53 | -2,38 | -5,69 | -2,93 | 0,49 | -0,84 | -7,27 | 2,31 | 0,00 | -1,13 |
| 2 | D | -0,16 | 0,47 | 0,33 | 0,005 | -0,54 | -0,36 | -0,35 | -0,23 | -0,14 | -0,16 | -0,14 | -0,33 | -0,45 | -0,15 | -0,26 | 0,00 | -0,16 |
| | SD | 1,02 | 0,64 | 0,35 | 0,36 | 0,30 | 0,21 | 0,18 | 0,32 | 0,47 | 0,33 | 0,29 | 0,36 | 0,12 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,33 |
| | SSRR | 0,009 | 0,008 | 0,005 | 0,004 | 0,007 | 0,004 | 0,005 | 0,007 | 0,011 | 0,009 | 0,010 | 0,020 | 0,017 | 0,007 | 0,007 | 0,00 | 0,009 |
| | RP | -0,76 | 1,37 | 1,10 | -0,18 | -2,21 | -1,45 | -1,63 | -1,24 | -0,94 | -1,11 | -1,07 | -2,71 | -4,09 | -1,82 | -3,84 | 0,00 | -1,37 |
| 3 | D | 5,82 | 3,41 | 2,37 | 1,42 | 0,41 | 0,19 | -1,08 | -1,71 | -2,39 | -2,67 | -2,69 | -2,93 | -3,24 | -3,15 | -2,58 | 0,00 | -0,59 |
| | SD | 1,93 | 1,29 | 0,79 | 0,79 | 0,68 | 0,51 | 0,45 | 0,72 | 0,93 | 0,65 | 0,59 | 0,51 | 0,22 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 0,68 |
| | SSRR | 0,192 | 0,081 | 0,046 | 0,023 | 0,011 | 0,008 | 0,021 | 0,052 | 0,111 | 0,150 | 0,186 | 0,279 | 0,447 | 0,652 | 0,424 | 0,00 | 0,179 |
| | RP | 19,08 | 11,99 | 8,79 | 5,37 | 1,64 | 0,83 | -5,00 | -8,48 | -13,10 | -16,08 | -17,96 | -22,39 | -29,43 | -35,79 | -37,57 | 0,00 | -9,21 |
| 4 | D | 7,25 | 4,86 | 3,84 | 2,91 | 1,92 | 1,73 | 0,55 | 0,01 | -0,47 | -0,58 | -0,45 | -0,56 | -0,79 | -0,69 | -0,20 | 0,00 | 1,29 |
| | SD | 1,38 | 1,09 | 0,53 | 0,54 | 0,24 | 0,15 | 0,18 | 0,33 | 0,47 | 0,33 | 0,29 | 0,36 | 0,12 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,41 |
| | SSRR | 0,290 | 0,154 | 0,106 | 0,067 | 0,035 | 0,028 | 0,006 | 0,006 | 0,015 | 0,016 | 0,015 | 0,027 | 0,034 | 0,038 | 0,005 | 0,00 | 0,056 |
| | RP | 23,86 | 17,27 | 14,37 | 11,27 | 7,91 | 7,25 | 2,44 | -0,06 | -2,73 | -3,63 | -3,17 | -4,50 | -7,20 | -7,95 | -2,92 | 0,00 | 3,48 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.10. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de Pinus taeda na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para região de Pouso Alto, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,69 | -0,32 | -0,80 | -0,97 | -0,99 | -0,60 | 1,07 | 0,89 | 0,22 | -0,43 | -0,15 | 0,13 | 0,16 | -1,25 | -0,15 | 0,00 | -0,099 |
| | SD | 0,95 | 0,20 | 0,08 | 0,20 | 0,22 | 0,02 | 0,61 | 0,74 | 0,42 | 0,31 | 0,43 | 0,50 | 0,46 | 0,99 | 0,11 | 0,00 | 0,42 |
| | SSRR | 0,02 | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,002 | 0,01 | 0,01 | 0,007 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,23 | 0,02 | 0,00 | 0,024 |
| | RP | 4,61 | -1,13 | -2,58 | -3,19 | -3,44 | -2,12 | 3,75 | 3,32 | 0,64 | -2,40 | -1,32 | 0,40 | 0,72 | -15,03 | -1,63 | 0,00 | -1,29 |
| 2 | D | -0,04 | 0,35 | 0,02 | -0,33 | -0,61 | -0,50 | 0,26 | 0,08 | 0,50 | 0,39 | 0,08 | -0,47 | -0,30 | -0,57 | -0,39 | 0,00 | -0,10 |
| | SD | 1,05 | 0,23 | 0,08 | 0,17 | 0,21 | 0,025 | 0,57 | 0,71 | 0,44 | 0,35 | 0,45 | 0,48 | 0,44 | 0,98 | 0,13 | 0,00 | 0,42 |
| | SSRR | 0,006 | 0,002 | 0,0006 | 0,0019 | 0,004 | 0,002 | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,0098 | 0,019 | 0,021 | 0,133 | 0,03 | 0,00 | 0,017 |
| | RP | -0,11 | 0,91 | 0,03 | -1,05 | -2,14 | -1,77 | 0,71 | 0,02 | 1,87 | 1,55 | -0,08 | -3,39 | -2,84 | -7,75 | -4,35 | 0,00 | -1,23 |
| 3 | D | 7,71 | 4,36 | 2,70 | 1,47 | 0,54 | 0,13 | -0,74 | -1,79 | -2,15 | -2,43 | -2,72 | -3,39 | -3,73 | -4,75 | -4,11 | 0,00 | -0,59 |
| | SD | 0,87 | 0,98 | 0,43 | 0,39 | 0,57 | 0,24 | 1,05 | 1,13 | 0,65 | 0,57 | 0,48 | 0,51 | 0,51 | 0,89 | 1,94 | 0,00 | 0,75 |
| | SSRR | 0,22 | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0,007 | 0,002 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,26 | 0,46 | 1,54 | 1,42 | 0,00 | 0,29 |
| | RP | 21,03 | 12,95 | 8,54 | 4,91 | 1,79 | 0,40 | -3,17 | -7,67 | -9,91 | -12,21 | -15,33 | -21,99 | -29,18 | -52,32 | -47,2 | 0,00 | -9,96 |
| 4 | D | 9,30 | 5,98 | 4,35 | 3,15 | 2,24 | 1,86 | 1,10 | 0,17 | 0,04 | -0,03 | -0,12 | -0,64 | -0,88 | -1,86 | -1,28 | 0,00 | 1,55 |
| | SD | 0,77 | 0,70 | 0,21 | 0,10 | 0,20 | 0,05 | 0,65 | 0,74 | 0,46 | 0,36 | 0,47 | 0,49 | 0,44 | 0,99 | 0,30 | 0,00 | 0,46 |
| | SSRR | 0,33 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,009 | 0,007 | 0,007 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,36 | 0,16 | 0,00 | 0,09 |
| | RP | 25,4 | 17,9 | 13,8 | 10,5 | 7,73 | 6,54 | 3,86 | 0,36 | -0,18 | -0,49 | -1,22 | -4,50 | -7,28 | -21,6 | -14,7 | 0,00 | 2,42 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.11. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para região de Pouso Alto, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,44 | -1,26 | -1,41 | -1,42 | -0,80 | -0,29 | 1,34 | 1,77 | 0,43 | -0,25 | -0,22 | -0,54 | -0,15 | -1,08 | -0,49 | 0,00 | -0,19 |
| | SD | 8,37 | 0,68 | 0,57 | 0,50 | 0,13 | 0,17 | 0,44 | 0,65 | 1,00 | 1,14 | 2,39 | 0,31 | 0,09 | 0,28 | 0,19 | 0,00 | 1,13 |
| | SSRR | 0,04 | 0,009 | 0,01 | 0,01 | 0,004 | 0,002 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,004 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 2,87 | -3,33 | -3,95 | -4,13 | -2,34 | -0,93 | 4,11 | 5,65 | 1,27 | -1,33 | -1,75 | -3,11 | -1,07 | -9,96 | -7,25 | 0,00 | -1,69 |
| 2 | D | -0,68 | -1,07 | -0,37 | -0,38 | -0,02 | 0,14 | 0,45 | 0,66 | 0,54 | 0,57 | 0,03 | -1,13 | -0,59 | -0,40 | -0,71 | 0,00 | -0,20 |
| | SD | 8,70 | 0,69 | 0,60 | 0,53 | 0,14 | 0,18 | 0,42 | 0,62 | 1,01 | 1,16 | 2,40 | 0,31 | 0,09 | 0,29 | 0,19 | 0,00 | 1,16 |
| | SSRR | 0,04 | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,007 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | -2,02 | -2,86 | -1,15 | -1,20 | -0,11 | 0,35 | 1,29 | 2,03 | 1,63 | 1,88 | -0,59 | -6,35 | -3,96 | -3,97 | -10,38 | 0,00 | -1,69 |
| 3 | D | 9,32 | 4,89 | 3,23 | 1,89 | 1,34 | 0,84 | -0,59 | -1,08 | -1,69 | -1,87 | -2,79 | -4,61 | -4,94 | -5,50 | -5,80 | 0,00 | -0,49 |
| | SD | 4,79 | 1,50 | 1,64 | 1,41 | 0,79 | 0,85 | 1,14 | 1,35 | 1,73 | 1,75 | 2,76 | 0,42 | 0,15 | 0,37 | 0,14 | 0,00 | 1,39 |
| | SSRR | 0,24 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,14 | 0,35 | 0,55 | 1,26 | 3,37 | 0,00 | 0,41 |
| | RP | 21,1 | 12,4 | 8,47 | 5,07 | 3,71 | 2,30 | -2,10 | -3,85 | -6,53 | -7,84 | -13,4 | -25,7 | -32,9 | -49,2 | -81,4 | 0,00 | -11,3 |
| 4 | D | 10,7 | 6,32 | 4,69 | 3,38 | 2,87 | 2,40 | 1,12 | 0,79 | 0,49 | 0,59 | -0,06 | -1,66 | -1,81 | -2,29 | -2,70 | 0,00 | 1,66 |
| | SD | 6,87 | 0,83 | 0,80 | 0,68 | 0,21 | 0,26 | 0,46 | 0,65 | 1,04 | 1,19 | 2,40 | 0,31 | 0,096 | 0,27 | 0,21 | 0,00 | 1,09 |
| | SSRR | 0,31 | 0,13 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,009 | 0,008 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,24 | 0,77 | 0,00 | 0,12 |
| | RP | 24,27 | 16,13 | 12,50 | 9,35 | 8,17 | 6,95 | 3,41 | 2,44 | 1,46 | 1,96 | -1,02 | -9,29 | -12,07 | -20,7 | -38,1 | 0,00 | 0,37 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.12. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para região de Pouso Alto, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 3,37 | 1,49 | 0,18 | -0,33 | -0,40 | -0,49 | 0,62 | 0,54 | -0,16 | -0,98 | -0,99 | -0,73 | -0,58 | -1,28 | -1,38 | 0,00 | -0,07 |
| | SD | 2,78 | 1,37 | 0,69 | 0,36 | 0,14 | 0,006 | 0,21 | 0,47 | 0,72 | 1,71 | 1,88 | 0,20 | 1,04 | 2,59 | 2,02 | 0,00 | 1,08 |
| | SSRR | 0,03 | 0,01 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,0009 | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,20 | 0,46 | 0,00 | 0,06 |
| | RP | 6,83 | 3,26 | 0,34 | -0,86 | -1,09 | -1,32 | 1,75 | 1,57 | -0,77 | -4,15 | -4,67 | -3,52 | -3,78 | -12,4 | -20,9 | 0,00 | -2,65 |
| 2 | D | 1,14 | 1,53 | 1,11 | 0,74 | 0,54 | 0,20 | 0,0 | -0,59 | -0,56 | -0,37 | -0,35 | -0,845 | -1,24 | -1,45 | -0,77 | 0,00 | -0,06 |
| | SD | 2,81 | 1,41 | 0,70 | 0,35 | 0,15 | 0,006 | 0,19 | 0,44 | 0,70 | 1,74 | 1,92 | 0,20 | 1,06 | 2,60 | 1,99 | 0,00 | 1,08 |
| | SSRR | 0,01 | 0,01 | 0,007 | 0,003 | 0,002 | 0,0002 | 0,001 | 0,006 | 0,009 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,06 | 0,22 | 0,30 | 0,00 | 0,047 |
| | RP | 2,20 | 3,33 | 2,58 | 1,85 | 1,36 | 0,53 | -0,06 | -2,024 | -2,16 | -1,92 | -2,09 | -4,01 | -7,52 | -13,8 | -13,2 | 0,00 | -2,33 |
| 3 | D | 10,11 | 6,73 | 4,06 | 2,34 | 1,19 | 0,15 | -1,90 | -3,22 | -3,54 | -3,21 | -3,04 | -3,69 | -4,83 | -6,28 | -6,17 | 0,00 | -0,75 |
| | SD | 2,41 | 1,20 | 0,85 | 0,29 | 0,29 | 0,07 | 0,35 | 0,64 | 0,89 | 2,02 | 2,16 | 0,32 | 1,02 | 2,55 | 2,01 | 0,00 | 1,14 |
| | SSRR | 0,22 | 0,12 | 0,05 | 0,02 | 0,006 | 0,0005 | 0,02 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,44 | 1,63 | 3,77 | 0,00 | 0,45 |
| | RP | 20,87 | 15,00 | 9,64 | 5,84 | 3,05 | 0,40 | -5,66 | -10,34 | -12,39 | -12,44 | -12,99 | -17,27 | -28,18 | -53,17 | -80,72 | 0,00 | -11,89 |
| 4 | D | 12,04 | 8,68 | 6,05 | 4,36 | 3,26 | 2,25 | 0,36 | -0,80 | -0,80 | -0,18 | 0,25 | -0,18 | -1,16 | -2,55 | -2,61 | 0,00 | 1,93 |
| | SD | 2,71 | 1,34 | 0,79 | 0,33 | 0,20 | 0,01 | 0,22 | 0,47 | 0,73 | 1,80 | 2,00 | 0,22 | 1,04 | 2,63 | 2,06 | 0,00 | 1,10 |
| | SSRR | 0,31 | 0,19 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,002 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,004 | 0,05 | 0,41 | 0,97 | 0,00 | 0,15 |
| | RP | 24,9 | 19,4 | 14,4 | 10,9 | 8,43 | 6,04 | 0,99 | -2,67 | -2,98 | -1,23 | 0,33 | -0,97 | -7,07 | -22,87 | -36,26 | 0,00 | 0,76 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.13. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para região de Moqué, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 0,52 | -0,42 | -0,64 | -0,88 | -0,99 | -0,90 | 0,42 | 0,64 | 0,56 | -0,28 | 0,22 | 0,62 | 0,51 | -0,049 | 0,04 | 0,00 | -0,043 |
| | SD | 3,59 | 0,90 | 0,39 | 0,47 | 0,30 | 0,47 | 0,02 | 0,33 | 0,47 | 0,21 | 0,16 | 0,31 | 1,11 | 0,67 | 0,21 | 0,00 | 0,64 |
| | SSRR | 0,03 | 0,01 | 0,009 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,002 | 0,01 | 0,01 | 0,007 | 0,005 | 0,02 | 0,07 | 0,07 | 0,007 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | 0,85 | -1,85 | -2,71 | -3,87 | -4,32 | -4,11 | 1,87 | 2,90 | 2,62 | -1,76 | 1,28 | 4,37 | 3,51 | -1,48 | 0,19 | 0,00 | -0,17 |
| 2 | D | -0,44 | -0,71 | -0,16 | -0,23 | -0,40 | -0,46 | -0,01 | -0,11 | 0,36 | 0,12 | 0,53 | 0,48 | 0,25 | 0,18 | -0,26 | 0,00 | -0,057 |
| | SD | 3,51 | 0,87 | 0,42 | 0,51 | 0,31 | 0,48 | 0,02 | 0,31 | 0,46 | 0,21 | 0,16 | 0,31 | 1,12 | 0,66 | 0,20 | 0,00 | 0,64 |
| | SSRR | 0,04 | 0,01 | 0,006 | 0,01 | 0,007 | 0,01 | 0,0004 | 0,006 | 0,01 | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,07 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | -2,39 | -2,91 | -0,87 | -1,27 | -1,86 | -2,25 | -0,09 | -0,71 | 1,59 | 0,57 | 3,30 | 3,37 | 1,24 | 1,11 | -3,88 | 0,00 | -0,34 |
| 3 | D | 7,16 | 5,11 | 3,89 | 2,76 | 1,87 | 1,26 | 0,27 | -0,49 | -0,74 | -1,49 | -1,59 | -2,17 | -2,87 | -3,09 | -2,18 | 0,00 | 0,51 |
| | SD | 4,28 | 1,22 | 0,59 | 0,53 | 0,16 | 0,26 | 0,007 | 0,13 | 0,33 | 0,27 | 0,17 | 0,37 | 1,46 | 1,00 | 0,11 | 0,00 | 0,73 |
| | SSRR | 0,29 | 0,17 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,0009 | 0,006 | 0,01 | 0,05 | 0,06 | 0,15 | 0,49 | 0,79 | 0,18 | 0,00 | 0,16 |
| | RP | 23,2 | 18,1 | 14,5 | 10,6 | 7,58 | 5,17 | 1,25 | -2,49 | -4,02 | -8,74 | -10,14 | -16,05 | -26,99 | -35,99 | -29,52 | 0,00 | -3,57 |
| 4 | D | 8,99 | 6,96 | 5,76 | 4,64 | 3,77 | 3,18 | 2,28 | 1,60 | 1,51 | 0,91 | 0,93 | 0,46 | -0,17 | -0,39 | 0,42 | 0,00 | 2,72 |
| | SD | 4,69 | 1,66 | 1,13 | 1,32 | 0,99 | 1,19 | 0,27 | 0,76 | 0,80 | 0,29 | 0,28 | 0,39 | 1,02 | 0,52 | 0,33 | 0,00 | 1,04 |
| | SSRR | 0,45 | 0,31 | 0,23 | 0,17 | 0,12 | 0,09 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | 0,12 |
| | RP | 29,2 | 24,6 | 21,4 | 17,9 | 15,2 | 13,1 | 10,2 | 7,38 | 7,45 | 5,04 | 5,74 | 3,13 | -2,57 | -5,24 | 5,08 | 0,00 | 10,5 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.14. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para região de Moqué, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,44 | 0,48 | -0,77 | -1,15 | -0,84 | -0,43 | 0,69 | 0,98 | -0,04 | -0,59 | -0,20 | 0,60 | 0,27 | -0,43 | 0,17 | 0,00 | 0,01 |
| | SD | 2,23 | 1,19 | 2,21 | 1,06 | 0,81 | 0,80 | 0,19 | 0,19 | 0,39 | 0,62 | 0,79 | 1,85 | 1,14 | 2,67 | 1,98 | 0,00 | 1,21 |
| | SSRR | 0,02 | 0,009 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,009 | 0,006 | 0,01 | 0,007 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 0,33 | 0,13 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | 3,56 | 1,17 | -2,77 | -3,90 | -2,93 | -1,55 | 2,67 | 3,99 | -0,41 | -3,34 | -1,73 | 2,23 | 0,72 | -9,11 | -1,51 | 0,00 | -0,86 |
| 2 | D | -0,24 | 1,50 | 0,13 | -0,59 | -0,65 | -0,61 | -0,51 | -0,08 | 0,49 | 0,82 | 0,62 | 0,24 | -0,55 | -0,66 | 0,29 | 0,00 | 0,013 |
| | SD | 2,19 | 1,21 | 2,22 | 1,05 | 0,81 | 0,81 | 0,23 | 0,22 | 0,40 | 0,69 | 0,83 | 1,76 | 1,12 | 2,65 | 1,98 | 0,00 | 1,21 |
| | SSRR | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 0,37 | 0,13 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | -0,93 | 4,10 | 0,03 | -2,04 | -2,28 | -2,15 | -1,89 | -0,26 | 1,99 | 3,56 | 2,75 | -0,05 | -5,37 | -11,24 | -0,02 | 0,00 | -0,92 |
| 3 | D | 9,79 | 7,24 | 4,59 | 2,99 | 2,23 | 1,68 | -0,22 | -1,05 | -1,97 | -2,39 | -2,82 | -3,06 | -3,50 | -3,46 | -3,80 | 0,00 | 0,42 |
| | SD | 2,23 | 1,20 | 1,81 | 0,55 | 0,39 | 0,33 | 0,07 | 0,15 | 0,69 | 0,94 | 1,04 | 2,10 | 1,44 | 2,96 | 2,25 | 0,00 | 1,21 |
| | SSRR | 0,34 | 0,22 | 0,11 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,001 | 0,01 | 0,06 | 0,11 | 0,18 | 0,34 | 0,50 | 1,26 | 1,51 | 0,00 | 0,31 |
| | RP | 25,8 | 20,5 | 13,9 | 9,75 | 7,48 | 5,79 | -0,83 | -4,22 | -9,16 | -12,34 | -16,38 | -21,07 | -27,5 | -38,1 | -54,4 | 0,00 | -6,71 |
| 4 | D | 11,23 | 8,71 | 6,09 | 4,52 | 3,78 | 3,26 | 1,48 | 0,78 | 0,10 | -0,08 | -0,30 | -0,34 | -0,63 | -0,51 | -1,02 | 0,00 | 2,47 |
| | SD | 3,30 | 1,91 | 3,16 | 1,69 | 1,33 | 1,38 | 0,53 | 0,48 | 0,14 | 0,33 | 0,47 | 1,24 | 0,76 | 2,16 | 1,86 | 0,00 | 1,38 |
| | SSRR | 0,45 | 0,32 | 0,19 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,002 | 0,007 | 0,01 | 0,05 | 0,06 | 0,28 | 0,28 | 0,00 | 0,13 |
| | RP | 29,6 | 24,8 | 18,6 | 14,7 | 12,7 | 11,2 | 5,69 | 3,22 | 0,35 | -0,71 | -2,16 | -3,45 | -5,71 | -9,38 | -17,2 | 0,00 | 5,50 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.15. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para região de Moquém, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,91 | -0,59 | -1,15 | -1,07 | -1,08 | -1,12 | 1,69 | 1,17 | 0,32 | -0,60 | -0,07 | 1,10 | 1,51 | -0,33 | 1,30 | 0,00 | 0,27 |
| | SD | 9,44 | 4,74 | 1,37 | 0,76 | 0,12 | 0,03 | 0,30 | 0,67 | 0,79 | 1,05 | 4,54 | 4,54 | 3,93 | 4,29 | 1,63 | 0,00 | 2,55 |
| | SSRR | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,006 | 0,006 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,62 | 0,08 | 0,00 | 0,09 |
| | RP | 5,79 | -1,82 | -3,27 | -3,13 | -3,21 | -3,50 | 5,59 | 4,20 | 1,08 | -2,89 | -2,67 | 3,12 | 6,15 | -10,3 | 10,9 | 0,00 | 0,40 |
| 2 | D | -0,16 | 0,94 | 0,26 | -0,10 | -0,63 | -1,18 | 0,14 | -0,32 | 0,72 | 0,69 | 0,21 | -0,20 | -0,15 | -0,72 | 0,84 | 0,00 | 0,02 |
| | SD | 9,59 | 4,61 | 1,33 | 0,75 | 0,12 | 0,03 | 0,35 | 0,73 | 0,79 | 1,04 | 4,54 | 4,48 | 3,85 | 4,27 | 1,60 | 0,00 | 2,54 |
| | SSRR | 0,04 | 0,02 | 0,008 | 0,005 | 0,003 | 0,007 | 0,003 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,19 | 0,23 | 0,69 | 0,07 | 0,00 | 0,69 |
| | RP | -1,08 | 2,08 | 0,59 | -0,37 | -1,88 | -3,68 | 0,46 | -1,17 | 2,61 | 2,64 | -1,31 | -4,16 | -4,43 | -13,62 | 6,06 | 0,00 | -1,15 |
| 3 | D | 12,85 | 7,30 | 4,91 | 3,40 | 1,99 | 0,73 | -0,25 | -2,03 | -2,36 | -2,89 | -3,42 | -3,69 | -3,55 | -4,33 | -3,43 | 0,00 | 0,35 |
| | SD | 10,27 | 4,57 | 1,75 | 1,21 | 0,30 | 0,07 | 0,08 | 0,41 | 1,09 | 1,42 | 5,33 | 5,15 | 4,42 | 4,72 | 1,49 | 0,00 | 2,82 |
| | SSRR | 0,41 | 0,18 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,003 | 0,001 | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,40 | 0,59 | 0,72 | 2,11 | 0,57 | 0,00 | 0,36 |
| | RP | 27,98 | 18,26 | 13,19 | 9,55 | 5,91 | 2,24 | -0,82 | -7,32 | -9,42 | -12,80 | -19,34 | -23,93 | -26,52 | -45,19 | -38,37 | 0,00 | -7,11 |
| 4 | D | 14,27 | 8,75 | 6,39 | 4,91 | 3,53 | 2,30 | 1,47 | -0,15 | -0,18 | -0,43 | -0,69 | -0,73 | -0,39 | -1,05 | -0,33 | 0,00 | 2,51 |
| | SD | 7,88 | 3,87 | 0,82 | 0,42 | 0,11 | 0,25 | 0,89 | 1,41 | 0,67 | 0,78 | 3,58 | 3,63 | 3,15 | 3,56 | 1,41 | 0,00 | 2,16 |
| | SSRR | 0,50 | 0,26 | 0,15 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,008 | 0,01 | 0,12 | 0,18 | 0,20 | 0,66 | 0,08 | 0,00 | 0,16 |
| | RP | 31,3 | 22,0 | 17,3 | 14,0 | 10,6 | 7,20 | 4,87 | -0,57 | -0,80 | -2,04 | -5,42 | -6,72 | -5,56 | -15,79 | -5,95 | 0,00 | 4,30 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.16. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para região de Moquém, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,89 | 0,29 | -0,45 | -0,57 | -0,86 | -0,66 | 0,55 | 0,99 | 0,51 | -0,40 | -1,13 | 0,24 | 0,83 | -0,60 | -0,22 | 0,00 | 0,09 |
| | SD | 3,71 | 0,55 | 1,24 | 0,60 | 0,52 | 0,63 | 0,56 | 0,66 | 1,26 | 1,72 | 3,88 | 4,97 | 5,68 | 3,45 | 5,97 | 0,00 | 2,36 |
| | SSRR | 0,003 | 0,007 | 0,004 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,07 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,42 | 0,02 | 0,00 | 0,06 |
| | RP | 0,43 | -1,37 | -1,51 | -2,46 | -1,86 | 0,39 | 3,31 | 1,47 | -0,66 | -4,60 | -1,10 | 3,42 | -4,30 | -14,5 | 6,24 | 0,00 | -1,14 |
| 2 | D | -0,06 | 0,59 | 0,89 | -0,02 | -0,18 | 0,32 | -0,08 | 0,10 | 0,40 | 0,20 | -0,11 | 0,38 | -0,77 | -0,22 | 0,54 | 0,00 | 0,13 |
| | SD | 2,75 | 1,32 | 1,14 | 0,72 | 0,61 | 0,59 | 0,74 | 0,85 | 1,55 | 1,61 | 5,62 | 5,94 | 3,64 | 5,31 | 5,83 | 0,00 | 2,55 |
| | SSRR | 0,01 | 0,006 | 0,007 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,007 | 0,016 | 0,018 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,29 | 0,03 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | -0,28 | 1,15 | 1,95 | -0,24 | -0,64 | 0,75 | -0,21 | 0,40 | 1,35 | 0,73 | -1,08 | 1,31 | -4,97 | -5,81 | -2,45 | 0,00 | -0,54 |
| 3 | D | 8,99 | 5,93 | 4,92 | 3,04 | 2,13 | 1,39 | -0,78 | -1,67 | -1,93 | -2,10 | -2,51 | -2,91 | -6,03 | -6,88 | 3,75 | 0,00 | 0,36 |
| | SD | 3,89 | 2,21 | 1,49 | 1,05 | 0,84 | 1,06 | 0,49 | 0,54 | 2,06 | 2,20 | 5,61 | 4,36 | 2,01 | 6,42 | 19,87 | 0,00 | 3,61 |
| | SSRR | 0,19 | 0,09 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,006 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,15 | 0,19 | 0,93 | 3,02 | 1,10 | 0,00 | 0,40 |
| | RP | 19,3 | 13,6 | 11,6 | 7,51 | 5,38 | 3,49 | -2,29 | -5,16 | -6,51 | -7,68 | -10,89 | -14,01 | -40,5 | -69,4 | -16,04 | 0,00 | -7,43 |
| 4 | D | 10,8 | 7,75 | 6,77 | 4,93 | 4,06 | 3,41 | 1,41 | 0,77 | 0,83 | 0,98 | 0,85 | 0,70 | -2,24 | -3,04 | 5,59 | 0,00 | 2,90 |
| | SD | 5,66 | 4,09 | 3,12 | 2,25 | 1,90 | 2,37 | 0,76 | 0,49 | 1,32 | 1,53 | 4,82 | 3,30 | 1,34 | 5,31 | -22,4 | 0,00 | 1,06 |
| | SSRR | 0,28 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,007 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,06 | 0,18 | 0,91 | 0,46 | 0,00 | 0,17 |
| | RP | 23,08 | 17,81 | 16,03 | 12,23 | 10,33 | 8,83 | 4,07 | 2,42 | 2,81 | 3,57 | 2,86 | 2,85 | -15,44 | -32,55 | 4,55 | 0,00 | 4,23 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

APÊNDICE 2.2

- Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* por classe diamétrica e classe de sítio.

TABELA 2.1. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para o sítio III, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | -0,26 | 0,27 | -0,20 | -0,64 | -0,64 | -0,95 | -1,00 | 0,35 | 0,19 | -0,40 | -0,65 | 0,06 | 0,16 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | -0,26 |
| | SD | 2,50 | 0,82 | 0,63 | 0,71 | 0,74 | 1,18 | 0,55 | 0,18 | 0,22 | 0,53 | 0,74 | 0,95 | 1,11 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,78 |
| | SSRR | 0,19 | 0,008 | 0,006 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,004 | 0,004 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,002 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | -9,64 | 0,96 | -0,59 | -2,22 | -2,30 | -3,64 | -3,88 | 1,61 | 0,92 | -2,42 | -3,87 | 0,41 | 1,14 | 0,87 | 0,00 | 0,00 | -1,62 |
| 2 | D | -0,41 | -0,63 | -0,20 | -0,11 | -0,03 | -0,45 | -0,79 | -0,15 | -0,37 | -0,35 | -0,23 | 0,16 | -0,17 | -0,04 | 0,00 | 0,00 | -0,27 |
| | SD | 1,77 | 1,32 | 0,86 | 0,72 | 0,66 | 1,03 | 0,26 | 0,17 | 0,30 | 0,52 | 0,69 | 0,80 | 1,15 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,74 |
| | SSRR | 0,17 | 0,01 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,01 | 0,008 | 0,003 | 0,007 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,006 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | -9,71 | -1,89 | -0,57 | -0,27 | -0,03 | -1,70 | -3,11 | -0,60 | -1,65 | -2,02 | -1,46 | 0,99 | -1,36 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | -1,67 |
| 3 | D | 0,55 | 9,02 | 7,42 | 6,00 | 5,11 | 4,03 | 2,96 | 2,20 | 1,20 | 0,47 | 0,09 | -0,02 | -1,004 | -1,61 | 0,00 | 0,00 | 2,60 |
| | SD | 20,9 | 0,85 | 0,81 | 0,79 | 0,76 | 1,15 | 0,30 | 0,54 | 0,68 | 1,06 | 1,18 | 1,33 | 1,08 | 0,47 | 0,00 | 0,00 | 2,28 |
| | SSRR | 0,65 | 0,43 | 0,33 | 0,24 | 0,19 | 0,14 | 0,08 | 0,055 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,17 |
| | RP | -15,1 | 29,2 | 25,4 | 21,7 | 19,2 | 15,8 | 12,3 | 9,69 | 5,76 | 2,28 | 0,40 | -0,33 | -7,83 | -15,4 | 0,00 | 0,00 | 7,36 |
| 4 | D | 9,31 | 7,65 | 6,05 | 5,14 | 4,00 | 3,51 | 2,42 | 1,53 | 1,07 | 0,69 | 0,70 | -0,03 | -0,59 | -0,85 | 0,00 | 0,00 | 2,90 |
| | SD | 1,01 | 0,71 | 0,53 | 0,54 | 0,77 | 0,91 | 0,23 | 0,38 | 0,67 | 0,75 | 0,77 | 0,94 | 1,32 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,72 |
| | SSRR | 0,45 | 0,34 | 0,24 | 0,19 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,14 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| | RP | 29,6 | 25,8 | 21,7 | 19,2 | 15,7 | 14,1 | 10,5 | 7,17 | 5,42 | 3,73 | 4,17 | -0,71 | -6,83 | -11,8 | 0,00 | 0,00 | 9,85 |

1 = Polinômio de quinto grau: 2 = Polinômio de potência fracionária: 3 = Modelo de Clutter : 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.2. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para o sítio III, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,91 | 0,80 | 0,09 | 0,24 | -0,35 | 0,06 | 0,59 | 0,57 | -0,23 | -0,82 | -0,47 | 0,01 | 0,19 | -0,89 | -0,18 | 0,00 | 0,14 |
| | SD | 4,64 | 2,56 | 1,69 | 1,37 | 1,23 | 1,13 | 0,50 | 0,73 | 1,50 | 0,96 | 0,66 | 0,37 | 0,57 | 0,82 | 0,68 | 0,00 | 1,29 |
| | SSRR | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,009 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,17 | 0,07 | 0,00 | 0,04 |
| | RP | 7,56 | 2,05 | 0,05 | -0,92 | -1,36 | 0,08 | 2,24 | 2,28 | -1,71 | -4,92 | -3,37 | -0,29 | 0,72 | -12,32 | -3,91 | 0,00 | -0,92 |
| 2 | D | 1,60 | 0,90 | 0,69 | 0,38 | 0,13 | 0,35 | 0,12 | -0,06 | -0,19 | -0,33 | -0,30 | -0,38 | -0,13 | -0,41 | -0,43 | 0,00 | 0,13 |
| | SD | 4,66 | 2,56 | 1,69 | 1,34 | 1,20 | 1,12 | 0,51 | 0,75 | 1,50 | 0,97 | 0,66 | 0,36 | 0,56 | 0,82 | 0,71 | 0,00 | 1,30 |
| | SSRR | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,007 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,11 | 0,09 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 3,93 | 2,37 | 1,98 | 1,17 | 0,34 | 1,15 | 0,38 | -0,38 | -1,55 | -2,35 | -2,38 | -3,00 | -2,00 | -6,61 | -7,34 | 0,00 | -0,95 |
| 3 | D | 10,71 | 7,47 | 5,77 | 4,55 | 3,63 | 3,34 | 1,52 | 0,48 | -0,53 | -1,09 | -1,41 | -2,03 | -2,56 | 3,37 | -1,99 | 0,00 | 1,63 |
| | SD | 5,72 | 4,19 | 3,23 | 2,80 | 2,75 | 2,61 | 1,48 | 1,88 | 2,30 | 1,35 | 0,71 | 0,36 | 0,22 | 0,57 | 1,24 | 0,00 | 2,09 |
| | SSRR | 0,45 | 0,28 | 0,19 | 0,14 | 0,10 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,12 | 0,28 | 0,94 | 0,34 | 0,00 | 0,21 |
| | RP | 29,3 | 22,4 | 18,4 | 15,2 | 12,6 | 11,7 | 5,87 | 1,88 | -3,11 | -6,26 | -8,85 | -14,3 | -22,4 | -41,1 | -28,4 | 0,00 | -0,46 |
| 4 | D | 10,76 | 7,55 | 5,87 | 4,68 | 3,78 | 3,51 | 1,81 | 0,88 | 0,11 | -0,23 | -0,35 | -0,78 | -1,15 | -1,85 | -0,25 | 0,00 | 2,29 |
| | SD | 4,75 | 2,82 | 1,88 | 1,51 | 1,41 | 1,33 | 0,65 | 0,96 | 1,57 | 0,96 | 0,57 | 0,33 | 0,46 | 0,78 | 0,72 | 0,00 | 1,38 |
| | SSRR | 0,45 | 0,27 | 0,19 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,09 | 0,38 | 0,08 | 0,00 | 0,13 |
| | RP | 29,42 | 22,74 | 18,79 | 15,72 | 13,17 | 12,41 | 7,02 | 3,64 | -0,05 | -1,75 | -2,60 | -5,72 | -10,61 | -23,61 | -4,97 | 0,00 | 4,90 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.3. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para o sítio III, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 3,23 | -1,24 | -1,95 | -1,53 | -1,20 | -0,74 | 1,49 | 1,17 | -0,72 | -1,22 | -1,20 | -0,35 | 0,11 | -2,10 | -0,77 | 0,00 | -0,47 |
| | SD | 10,2 | 0,63 | 0,32 | 0,24 | 0,12 | 0,09 | 0,39 | 0,30 | 0,48 | 1,12 | 2,81 | 2,86 | 3,28 | 2,01 | 0,06 | 0,00 | 1,66 |
| | SSRR | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,008 | 0,004 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,12 | 0,13 | 0,16 | 0,68 | 0,05 | 0,00 | 0,09 |
| | RP | 6,82 | -3,51 | -5,82 | -4,73 | -3,76 | -2,37 | 4,97 | 4,16 | -3,13 | -5,92 | -7,86 | -4,11 | -2,06 | -24,5 | -10,3 | 0,00 | -4,14 |
| 2 | D | -0,02 | 0,57 | -0,53 | -0,61 | -0,75 | -0,73 | 0,30 | 0,03 | -0,39 | -0,16 | -0,83 | -1,07 | -0,62 | -1,19 | -1,05 | 0,00 | -0,47 |
| | SD | 9,92 | 0,61 | 0,31 | 0,24 | 0,12 | 0,09 | 0,41 | 0,29 | 0,48 | 1,12 | 2,81 | 2,85 | 3,27 | 2,01 | 0,06 | 0,00 | 1,64 |
| | SSRR | 0,04 | 0,005 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,02 | 0,11 | 0,16 | 0,20 | 0,45 | 0,09 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | -0,98 | 1,55 | -1,59 | -1,91 | -2,37 | -2,32 | 0,96 | 0,05 | -1,77 | -1,07 | -5,87 | -8,46 | -7,10 | -15,7 | -14,2 | 0,00 | -4,05 |
| 3 | D | 11,3 | 5,35 | 3,30 | 2,53 | 1,84 | 1,41 | 0,84 | -0,43 | -1,99 | -2,22 | -2,90 | -2,90 | -2,37 | -3,71 | -3,57 | 0,00 | 0,43 |
| | SD | 10,09 | 1,13 | 0,91 | 0,65 | 0,79 | 0,77 | 1,45 | 1,14 | 0,77 | 1,30 | 1,93 | 2,03 | 2,61 | 1,35 | 0,07 | 0,00 | 1,80 |
| | SSRR | 0,36 | 0,12 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,08 | 0,21 | 0,29 | 0,34 | 1,13 | 0,92 | 0,00 | 0,24 |
| | RP | 26,3 | 14,9 | 9,80 | 7,74 | 5,79 | 4,53 | 2,76 | -1,62 | -8,32 | -10,4 | -16,5 | -19,1 | -18,7 | -39,3 | -47,7 | 0,00 | -5,99 |
| 4 | D | 11,7 | 5,80 | 3,77 | 3,03 | 2,37 | 1,97 | 1,53 | 0,39 | -0,92 | -0,91 | -1,37 | -1,18 | -0,49 | -1,73 | -1,51 | 0,00 | 1,50 |
| | SD | 10,5 | 0,64 | 0,36 | 0,26 | 0,19 | 0,17 | 0,56 | 0,40 | 0,48 | 1,12 | 2,59 | 2,66 | 3,14 | 1,88 | 0,06 | 0,00 | 1,67 |
| | SSRR | 0,39 | 0,13 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,005 | 0,01 | 0,03 | 0,12 | 0,16 | 0,18 | 0,55 | 0,17 | 0,00 | 0,13 |
| | RP | 27,3 | 16,1 | 11,2 | 9,25 | 7,45 | 6,31 | 5,08 | 1,35 | -3,94 | -4,49 | -8,68 | -9,01 | -6,12 | -20,78 | -20,25 | 0,00 | 0,72 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.4. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para o sítio III, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,63 | 0,14 | -1,03 | -1,07 | -0,80 | -0,44 | 0,88 | 0,81 | -0,10 | -1,69 | -2,49 | -1,66 | -0,19 | -0,41 | -1,17 | 0,00 | -0,51 |
| | SD | 0,49 | 0,99 | 0,29 | 0,18 | 0,27 | 0,11 | 0,73 | 0,68 | 0,51 | 1,22 | 0,48 | 0,69 | 0,57 | 0,25 | 1,25 | 0,00 | 0,58 |
| | SSRR | 0,008 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,001 | 0,008 | 0,008 | 0,005 | 0,04 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,25 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 3,56 | 0,22 | -2,67 | -2,81 | -2,16 | -1,20 | 2,49 | 2,45 | -0,51 | -7,01 | -11,2 | -8,74 | -1,45 | -3,38 | -15,5 | 0,00 | -3,20 |
| 2 | D | -0,70 | 0,84 | -0,03 | -0,18 | -0,16 | -0,09 | 0,06 | -0,31 | -0,28 | -0,89 | -1,77 | -1,82 | -0,97 | -0,63 | -0,41 | 0,00 | -0,49 |
| | SD | 0,47 | 0,99 | 0,30 | 0,17 | 0,26 | 0,10 | 0,73 | 0,67 | 0,51 | 1,23 | 0,47 | 0,69 | 0,58 | 0,25 | 1,23 | 0,00 | 0,58 |
| | SSRR | 0,003 | 0,006 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,0007 | 0,005 | 0,006 | 0,006 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,13 | 0,00 | 0,02 |
| | RP | -1,61 | 1,89 | -0,13 | -0,47 | -0,43 | -0,24 | 0,07 | -1,12 | -1,15 | -3,87 | -8,03 | -9,54 | -6,05 | -5,09 | -6,74 | 0,00 | -2,83 |
| 3 | D | 8,47 | 5,59 | 3,17 | 2,01 | 1,30 | 0,76 | -0,88 | -2,16 | -2,78 | -3,33 | -3,94 | -3,94 | -3,62 | -4,34 | -4,20 | 0,00 | -0,53 |
| | SD | 0,62 | 1,25 | 0,44 | 0,29 | 0,41 | 0,22 | 0,66 | 0,54 | 0,34 | 1,02 | 0,44 | 0,68 | 0,56 | 0,29 | 1,31 | 0,00 | 0,60 |
| | SSRR | 0,18 | 0,09 | 0,03 | 0,02 | 0,008 | 0,004 | 0,008 | 0,03 | 0,05 | 0,11 | 0,16 | 0,23 | 0,26 | 0,60 | 1,50 | 0,00 | 0,22 |
| | RP | 18,7 | 13,2 | 8,01 | 5,30 | 3,49 | 2,11 | -2,72 | -6,99 | -9,91 | -13,4 | -17,7 | -20,2 | -21,7 | -34,05 | -50,7 | 0,00 | -8,44 |
| 4 | D | 9,42 | 6,57 | 4,18 | 3,05 | 2,36 | 1,86 | 0,35 | -0,78 | -1,14 | -1,43 | -1,82 | -1,62 | -1,15 | -1,80 | -1,75 | 0,00 | 1,09 |
| | SD | 0,56 | 1,10 | 0,32 | 0,19 | 0,29 | 0,14 | 0,71 | 0,63 | 0,41 | 1,14 | 0,49 | 0,70 | 0,58 | 0,28 | 1,29 | 0,00 | 0,59 |
| | SSRR | 0,22 | 0,12 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,005 | 0,009 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,12 | 0,39 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 20,8 | 15,5 | 10,6 | 8,04 | 6,37 | 5,12 | 0,95 | -2,61 | -4,14 | -5,97 | -8,21 | -8,51 | -7,11 | -14,2 | 22,3 | 0,00 | -0,37 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.5. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para o sítio V, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma o quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| | | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| Mod. | Est. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | Média |
| 1 | D | 1,99 | 0,46 | 0,15 | -0,24 | -0,27 | -0,24 | 0,63 | 0,45 | -0,12 | -0,99 | -0,64 | -0,44 | -0,25 | -1,18 | -0,72 | 0,00 | -0,09 |
| | SD | 2,69 | 0,96 | 0,32 | 0,20 | 0,12 | 0,18 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,23 | 0,40 | 0,68 | 0,72 | 0,82 | 0,08 | 0,00 | 0,50 |
| | SSRR | 0,04 | 0,01 | 0,003 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,004 | 0,001 | 0,023 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,22 | 0,03 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 6,09 | 1,29 | 0,48 | -1,02 | -1,07 | -0,98 | 2,93 | 2,26 | -0,61 | -5,89 | -4,46 | -3,93 | -3,03 | -15,4 | -10,5 | 0,00 | -2,25 |
| 2 | D | 0,90 | 1,23 | 0,82 | 0,17 | -0,13 | -0,37 | -0,26 | -0,35 | 0,17 | -0,18 | -0,35 | -0,91 | -0,65 | -0,65 | -0,98 | 0,00 | -0,10 |
| | SD | 2,70 | 0,99 | 0,32 | 0,20 | 0,12 | 0,18 | 0,07 | 0,08 | 0,03 | 0,22 | 0,39 | 0,70 | 0,73 | 0,81 | 0,14 | 0,00 | 0,51 |
| | SSRR | 0,02 | 0,02 | 0,008 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | 0,006 | 0,02 | 0,07 | 0,07 | 0,13 | 0,06 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 2,53 | 4,07 | 3,01 | 0,61 | -0,53 | -1,53 | -1,13 | -1,66 | 0,94 | -1,07 | -2,52 | -7,57 | -6,73 | -9,18 | -14,25 | 0,00 | -2,33 |
| 3 | D | 7,28 | 4,65 | 3,37 | 2,12 | 1,35 | 0,74 | -0,41 | -1,24 | -1,49 | -2,12 | -2,38 | -3,02 | -2,97 | -3,12 | -2,37 | 0,00 | 0,02 |
| | SD | 2,73 | 1,13 | 0,32 | 0,22 | 0,12 | 0,20 | 0,09 | 0,13 | 0,07 | 0,29 | 0,48 | 0,84 | 0,83 | 0,89 | 0,73 | 0,00 | 0,60 |
| | SSRR | 0,28 | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,008 | 0,003 | 0,02 | 0,03 | 0,09 | 0,15 | 0,35 | 0,47 | 0,88 | 0,36 | 0,00 | 0,19 |
| | RP | 23,4 | 16,3 | 12,6 | 8,34 | 5,59 | 3,15 | -1,84 | -6,03 | -7,85 | -12,6 | -16,0 | -24,2 | -28,2 | -38,4 | -34,4 | 0,00 | -6,68 |
| 4 | D | 7,65 | 5,05 | 3,80 | 2,57 | 1,83 | 1,24 | 0,23 | -0,46 | -0,44 | -0,82 | -0,84 | -1,26 | -1,03 | -1,05 | -0,25 | 0,00 | 1,08 |
| | SD | 2,77 | 1,26 | 0,37 | 0,24 | 0,09 | 0,12 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,22 | 0,39 | 0,70 | 0,73 | 0,80 | 0,03 | 0,00 | 0,53 |
| | SSRR | 0,31 | 0,16 | 0,10 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,02 | 0,03 | 0,09 | 0,11 | 0,20 | 0,006 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | 24,6 | 17,7 | 14,2 | 10,1 | 7,54 | 5,29 | 1,09 | -2,22 | -2,32 | -4,91 | -5,76 | -10,3 | -10,3 | -13,9 | -3,62 | 0,00 | 1,81 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.6. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para o sítio V, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,03 | -0,16 | -0,68 | -0,91 | -0,52 | -0,14 | 1,31 | 1,13 | 0,04 | -0,63 | -0,15 | 0,45 | 0,44 | -1,68 | -0,65 | 0,00 | -0,008 |
| | SD | 0,24 | 0,87 | 0,72 | 0,14 | 0,16 | 0,03 | 0,17 | 0,23 | 0,33 | 0,18 | 0,23 | 0,55 | 0,81 | 1,21 | 0,10 | 0,00 | 0,40 |
| | SSRR | 0,02 | 0,007 | 0,008 | 0,006 | 0,003 | 0,0005 | 0,01 | 0,01 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,02 | 0,03 | 0,34 | 0,04 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 5,51 | -0,62 | -2,26 | -3,05 | -1,80 | -0,50 | 4,83 | 4,38 | 0,002 | -3,07 | -0,91 | 2,25 | 2,49 | -19,1 | -9,02 | 0,00 | -1,39 |
| 2 | D | 0,33 | -0,35 | 0,24 | 0,12 | 0,31 | 0,37 | 0,50 | 0,01 | -0,04 | 0,09 | 0,27 | 0,12 | -0,004 | -1,40 | -0,67 | 0,00 | -0,007 |
| | SD | 0,28 | 0,86 | 0,71 | 0,14 | 0,17 | 0,03 | 0,17 | 0,22 | 0,33 | 0,18 | 0,23 | 0,55 | 0,81 | 1,21 | 0,10 | 0,00 | 0,40 |
| | SSRR | 0,002 | 0,007 | 0,006 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | 0,005 | 0,015 | 0,032 | 0,29 | 0,047 | 0,00 | 0,028 |
| | RP | 0,91 | -1,21 | 0,68 | 0,37 | 1,01 | 1,28 | 1,81 | -0,02 | -0,35 | 0,32 | 1,23 | 0,32 | -0,65 | -16,29 | -9,31 | 0,00 | -1,32 |
| 3 | D | 8,27 | 4,70 | 2,96 | 1,69 | 1,15 | 0,72 | -0,31 | -1,23 | -1,72 | -1,85 | -1,91 | -2,28 | -2,66 | -4,34 | -3,86 | 0,00 | -0,04 |
| | SD | 0,15 | 1,00 | 0,75 | 0,17 | 0,20 | 0,05 | 0,19 | 0,25 | 0,33 | 0,19 | 0,21 | 0,48 | 0,80 | 1,22 | 0,16 | 0,00 | 0,41 |
| | SSRR | 0,25 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,009 | 0,004 | 0,003 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,12 | 0,23 | 1,31 | 1,16 | 0,00 | 0,23 |
| | RP | 22,3 | 13,9 | 9,33 | 5,60 | 3,89 | 2,50 | -1,16 | -4,96 | -7,58 | -8,80 | -9,99 | -13,88 | -19,28 | -46,23 | -53,29 | 0,00 | -7,17 |
| 4 | D | 8,87 | 5,33 | 3,63 | 2,38 | 1,88 | 1,49 | 0,62 | -0,14 | -0,31 | -0,15 | 0,08 | -0,04 | -0,20 | -1,74 | -1,25 | 0,00 | 1,36 |
| | SD | 0,12 | 0,89 | 0,63 | 0,11 | 0,15 | 0,03 | 0,16 | 0,19 | 0,30 | 0,17 | 0,22 | 0,55 | 0,84 | 1,24 | 0,12 | 0,00 | 0,38 |
| | SSRR | 0,29 | 0,13 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,004 | 0,003 | 0,006 | 0,003 | 0,005 | 0,015 | 0,04 | 0,36 | 0,14 | 0,00 | 0,07 |
| | RP | 23,9 | 15,8 | 11,4 | 7,92 | 6,39 | 5,16 | 2,27 | -0,64 | -1,51 | -0,78 | 0,28 | -0,62 | -2,05 | -19,8 | -17,4 | 0,00 | 2,02 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.7. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para o sítio V, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 2,83 | 0,39 | -0,73 | -1,00 | -1,01 | -0,74 | 1,15 | 1,09 | -0,02 | -0,80 | -0,72 | 0,13 | 0,24 | -1,02 | -0,60 | 0,00 | -0,05 |
| | SD | 11,6 | 4,85 | 1,47 | 1,28 | 0,40 | 0,21 | 0,47 | 0,19 | 0,80 | 1,53 | 2,18 | 2,09 | 1,14 | 1,07 | 0,05 | 0,00 | 1,96 |
| | SSRR | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,008 | 0,004 | 0,01 | 0,008 | 0,009 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 5,90 | 0,72 | -2,05 | -2,95 | -3,05 | -2,34 | 3,62 | 3,63 | -0,29 | -3,69 | -3,88 | -0,09 | 0,98 | -8,58 | -7,80 | 0,00 | -1,33 |
| 2 | D | 0,88 | 0,28 | 0,27 | 0,09 | -0,15 | -0,21 | 0,29 | -0,04 | 0,03 | -0,02 | -0,47 | -0,45 | -0,18 | -0,33 | -0,82 | 0,00 | -0,06 |
| | SD | 11,96 | 4,82 | 1,43 | 1,24 | 0,39 | 0,22 | 0,46 | 0,17 | 0,81 | 1,55 | 2,17 | 2,11 | 1,16 | 1,03 | 0,05 | 0,00 | 1,97 |
| | SSRR | 0,04 | 0,02 | 0,009 | 0,008 | 0,003 | 0,002 | 0,004 | 0,001 | 0,009 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 1,38 | 0,44 | 0,68 | 0,17 | -0,49 | -0,75 | 0,82 | -0,19 | -0,09 | -0,55 | -2,76 | -3,07 | -1,55 | -3,23 | -10,49 | 0,00 | -1,31 |
| 3 | D | 9,54 | 5,53 | 3,02 | 1,54 | 0,49 | -0,16 | -0,96 | -1,70 | -1,91 | -2,08 | -2,70 | -2,96 | -3,13 | -3,93 | -5,21 | 0,00 | -0,31 |
| | SD | 10,7 | 4,47 | 1,28 | 1,24 | 0,42 | 0,22 | 0,46 | 0,15 | 0,82 | 1,54 | 2,27 | 2,25 | 1,33 | 1,24 | 0,10 | 0,00 | 1,90 |
| | SSRR | 0,26 | 0,11 | 0,04 | 0,02 | 0,004 | 0,002 | 0,009 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,13 | 0,19 | 0,24 | 0,57 | 2,22 | 0,00 | 0,26 |
| | RP | 21,5 | 13,8 | 8,22 | 4,31 | 1,39 | -0,57 | -3,15 | -5,85 | -7,18 | -8,77 | -12,8 | -15,9 | -19,1 | -31,1 | -66,4 | 0,00 | -8,11 |
| 4 | D | 10,5 | 6,57 | 4,09 | 2,64 | 1,63 | 1,03 | 0,91 | -0,16 | -0,008 | 0,16 | -0,16 | -0,14 | -0,09 | -0,75 | -2,07 | 0,00 | 1,58 |
| | SD | 10,3 | 4,22 | 1,18 | 1,15 | 0,37 | 0,25 | 0,46 | 0,17 | 0,77 | 1,51 | 2,13 | 2,08 | 1,15 | 1,06 | 0,06 | 0,00 | 1,79 |
| | SSRR | 0,31 | 0,15 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,006 | 0,004 | 0,001 | 0,008 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,08 | 0,36 | 0,00 | 0,08 |
| | RP | 23,8 | 16,5 | 11,2 | 7,50 | 4,80 | 3,03 | 1,23 | -0,60 | -0,23 | 0,15 | -1,34 | -1,47 | -0,99 | -6,47 | -26,48 | 0,00 | 2,04 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.8. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para o sítio V, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 1,38 | -0,51 | -0,77 | -0,67 | -0,78 | -0,59 | 1,01 | 1,11 | 0,33 | -0,03 | -0,24 | 0,79 | 0,52 | -1,08 | -1,08 | 0,00 | -0,04 |
| | SD | 2,73 | 1,31 | 0,37 | 0,50 | 0,05 | 0,11 | 0,31 | 0,39 | 0,71 | 0,38 | 1,47 | 2,98 | 2,71 | 3,48 | 0,31 | 0,00 | 1,19 |
| | SSRR | 0,01 | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,006 | 0,008 | 0,006 | 0,003 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,22 | 0,17 | 0,00 | 0,037 |
| | RP | 2,80 | -1,35 | -1,96 | -1,76 | -2,09 | -1,60 | 2,88 | 3,33 | 0,97 | -0,15 | -1,24 | 2,57 | 1,66 | -10,81 | -14,79 | 0,00 | -1,44 |
| 2 | D | -0,24 | 0,005 | 0,09 | 0,06 | -0,31 | -0,42 | 0,10 | 0,09 | 0,41 | 0,77 | 0,17 | 0,44 | 0,11 | -0,71 | -1,16 | 0,00 | -0,04 |
| | SD | 2,71 | 1,30 | 0,38 | 0,49 | 0,05 | 0,11 | 0,32 | 0,41 | 0,71 | 0,37 | 1,47 | 2,98 | 2,72 | 3,48 | 0,31 | 0,00 | 1,19 |
| | SSRR | 0,01 | 0,006 | 0,002 | 0,003 | 0,0007 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,006 | 0,007 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,18 | 0,19 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | -0,78 | -0,13 | 0,17 | 0,11 | -0,85 | -1,16 | 0,27 | 0,26 | 1,25 | 2,56 | 0,29 | 1,07 | -0,45 | -8,06 | -15,9 | 0,00 | -1,42 |
| 3 | D | 7,38 | 4,07 | 2,54 | 1,54 | 0,47 | -0,17 | -1,14 | -1,78 | -1,74 | -1,26 | -1,82 | -1,88 | -3,06 | -5,18 | -6,95 | 0,00 | -0,60 |
| | SD | 2,77 | 1,38 | 0,39 | 0,50 | 0,05 | 0,11 | 0,33 | 0,47 | 0,72 | 0,38 | 1,46 | 2,98 | 2,74 | 3,45 | 0,39 | 0,00 | 1,21 |
| | SSRR | 0,14 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,001 | 0,0008 | 0,008 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,09 | 0,22 | 1,11 | 4,32 | 0,00 | 0,40 |
| | RP | 16,0 | 9,57 | 6,27 | 3,91 | 1,23 | -0,48 | -3,28 | -5,35 | -5,67 | -4,34 | -7,25 | -8,82 | -16,9 | -41,3 | -91,2 | 0,00 | -9,84 |
| 4 | D | 8,66 | 5,39 | 3,91 | 2,94 | 1,92 | 1,31 | 0,54 | 0,10 | 0,52 | 1,37 | 1,15 | 1,39 | 0,45 | -1,54 | -3,38 | 0,00 | 1,65 |
| | SD | 2,90 | 1,39 | 0,41 | 0,45 | 0,08 | 0,12 | 0,32 | 0,41 | 0,73 | 0,39 | 1,48 | 3,00 | 2,74 | 3,52 | 0,34 | 0,00 | 1,22 |
| | SSRR | 0,19 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,007 | 0,003 | 0,003 | 0,007 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,27 | 1,09 | 0,00 | 0,13 |
| | RP | 18,8 | 12,7 | 9,66 | 7,51 | 5,05 | 3,54 | 1,54 | 0,30 | 1,60 | 4,61 | 4,03 | 5,12 | 1,28 | -14,2 | -44,7 | 0,00 | 1,12 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.9. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 20 a 25 cm de diâmetro, para o sítio VI, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | | Média |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | |
| 1 | D | 1,59 | 0,40 | 0,12 | 0,13 | -0,40 | -0,36 | 0,59 | 0,67 | 0,43 | -0,44 | -0,13 | 0,38 | -0,40 | -1,15 | -0,21 | 0,00 | 0,08 |
| | SD | 0,89 | 0,32 | 0,31 | 0,32 | 0,04 | 0,13 | 0,05 | 0,21 | 0,31 | 0,27 | 0,51 | 0,36 | 1,57 | 0,56 | 0,04 | 0,00 | 0,39 |
| | SSRR | 0,02 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,008 | 0,007 | 0,012 | 0,02 | 0,02 | 0,19 | 0,23 | 0,008 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 4,86 | 1,22 | 0,25 | 0,31 | -1,62 | -1,53 | 2,62 | 3,04 | 2,01 | -2,83 | -1,40 | 2,28 | -6,38 | -15,3 | -2,98 | 0,00 | -1,03 |
| 2 | D | 0,38 | 1,11 | 0,79 | 0,58 | -0,19 | -0,39 | -0,15 | -0,05 | 0,63 | 0,22 | 0,11 | -0,03 | -0,75 | -0,68 | -0,48 | 0,00 | 0,07 |
| | SD | 0,79 | 0,36 | 0,34 | 0,34 | 0,04 | 0,13 | 0,05 | 0,20 | 0,31 | 0,29 | 0,52 | 0,35 | 1,56 | 0,57 | 0,07 | 0,00 | 0,39 |
| | SSRR | 0,008 | 0,01 | 0,007 | 0,006 | 0,0008 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,01 | 0,007 | 0,02 | 0,01 | 0,23 | 0,15 | 0,02 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 0,87 | 3,73 | 2,71 | 2,04 | -0,79 | -1,66 | -0,70 | -0,35 | 3,03 | 0,97 | 0,10 | -0,68 | -9,67 | -9,68 | -6,79 | 0,00 | -1,12 |
| 3 | D | 5,85 | 3,64 | 2,47 | 1,67 | 0,44 | -0,13 | -1,10 | -1,70 | -1,70 | -2,31 | -2,44 | -2,64 | -3,61 | -3,82 | -2,76 | 0,00 | -0,54 |
| | SD | 1,50 | 0,61 | 0,55 | 0,48 | 0,06 | 0,15 | 0,05 | 0,21 | 0,32 | 0,27 | 0,48 | 0,32 | 1,53 | 0,54 | 1,19 | 0,00 | 0,55 |
| | SSRR | 0,18 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,95 | 1,29 | 0,47 | 0,00 | 0,24 |
| | RP | 18,8 | 12,6 | 8,91 | 6,20 | 1,75 | -0,60 | -5,00 | -8,20 | -8,84 | -13,5 | -16,1 | -19,6 | -36,5 | -47,2 | -39,2 | 0,00 | -9,76 |
| 4 | D | 4,81 | 2,63 | 1,49 | 0,73 | -0,47 | -1,01 | -1,83 | -2,26 | -1,94 | -2,23 | -2,05 | -1,95 | -2,64 | -2,60 | -1,01 | 0,00 | -0,69 |
| | SD | 10,2 | 7,99 | 8,23 | 7,71 | 5,36 | 5,51 | 4,34 | 4,82 | 4,61 | 4,59 | 4,33 | 3,02 | 2,62 | 0,96 | 0,26 | 0,00 | 4,97 |
| | SSRR | 0,19 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,25 | 0,30 | 0,28 | 0,67 | 0,72 | 0,08 | 0,00 | 0,23 |
| | RP | 14,6 | 8,34 | 4,45 | 1,74 | -2,56 | -4,92 | -8,80 | -11,6 | -10,8 | -14,1 | -14,9 | -15,6 | -27,7 | -32,8 | -14,2 | 0,00 | -8,59 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.10. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 25 a 30 cm de diâmetro, para sítio VI, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,59 | 0,40 | 0,12 | 0,13 | -0,40 | -0,36 | 0,59 | 0,67 | 0,43 | -0,44 | -0,13 | 0,38 | -0,40 | -1,15 | -0,21 | 0,00 | 0,08 |
| | SD | 1,91 | 1,03 | 0,69 | 0,48 | 0,34 | 0,24 | 0,14 | 0,72 | 0,85 | 0,50 | 0,40 | 0,86 | 1,95 | 2,20 | 0,20 | 0,00 | 0,83 |
| | SSRR | 0,02 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,008 | 0,007 | 0,012 | 0,02 | 0,02 | 0,19 | 0,23 | 0,008 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 4,86 | 1,22 | 0,25 | 0,31 | -1,62 | -1,53 | 2,62 | 3,04 | 2,01 | -2,83 | -1,40 | 2,28 | -6,38 | -15,3 | -2,98 | 0,00 | -1,03 |
| 2 | D | 0,38 | 1,11 | 0,79 | 0,58 | -0,19 | -0,39 | -0,15 | -0,05 | 0,63 | 0,22 | 0,11 | -0,03 | -0,75 | -0,68 | -0,48 | 0,00 | 0,07 |
| | SD | 1,84 | 1,04 | 0,69 | 0,46 | 0,34 | 0,24 | 0,15 | 0,74 | 0,84 | 0,50 | 0,39 | 0,88 | 1,99 | 2,19 | 0,20 | 0,00 | 0,83 |
| | SSRR | 0,008 | 0,01 | 0,007 | 0,006 | 0,0008 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,01 | 0,007 | 0,02 | 0,01 | 0,23 | 0,15 | 0,02 | 0,00 | 0,03 |
| | RP | 0,87 | 3,73 | 2,71 | 2,05 | -0,79 | -1,66 | -0,70 | -0,35 | 3,03 | 0,97 | 0,10 | -0,68 | -9,66 | -9,68 | -6,79 | 0,00 | -1,12 |
| 3 | D | 5,85 | 3,64 | 2,47 | 1,67 | 0,44 | -0,13 | -1,10 | -1,70 | -1,70 | -2,31 | -2,44 | -2,64 | -3,61 | -3,82 | -2,76 | 0,00 | -0,54 |
| | SD | 2,23 | 1,15 | 0,77 | 0,50 | 0,39 | 0,27 | 0,18 | 0,85 | 1,00 | 0,56 | 0,49 | 1,02 | 2,18 | 2,23 | 0,26 | 0,00 | 0,94 |
| | SSRR | 0,18 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,95 | 1,29 | 0,47 | 0,00 | 0,24 |
| | RP | 18,8 | 12,6 | 8,91 | 6,20 | 1,75 | -0,60 | -5,00 | -8,20 | -8,84 | -13,5 | -16,1 | -19,6 | -36,5 | -47,2 | -39,2 | 0,00 | -9,76 |
| 4 | D | 4,81 | 2,63 | 1,49 | 0,73 | -0,47 | -1,01 | -1,83 | -2,26 | -1,94 | -2,23 | -2,05 | -1,95 | -2,64 | -2,60 | -1,01 | 0,00 | -0,69 |
| | SD | 7,79 | 8,25 | 8,12 | 7,88 | 7,61 | 7,14 | 5,71 | 8,07 | 7,93 | 5,44 | 4,67 | 4,78 | 4,72 | 2,22 | 0,89 | 0,00 | 6,08 |
| | SSRR | 0,19 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,17 | 0,17 | 0,25 | 0,30 | 0,28 | 0,67 | 0,72 | 0,08 | 0,00 | 0,23 |
| | RP | 14,6 | 8,34 | 4,45 | 1,74 | -2,56 | -4,92 | -8,80 | -11,6 | -10,8 | -14,1 | -14,9 | -15,6 | -27,7 | -32,8 | -14,2 | 0,00 | -8,59 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.11. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 30 a 35 cm de diâmetro, para o sítio VI, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 | |
| 1 | D | 1,57 | -0,04 | -1,26 | -1,90 | -1,40 | -1,01 | 0,93 | 1,03 | 0,60 | -0,35 | -0,48 | -0,20 | 0,37 | 0,30 | -0,94 | 0,00 | -0,19 | |
| | SD | 11,9 | 4,72 | 0,66 | 0,31 | 0,21 | 0,13 | 0,44 | 0,95 | 0,86 | 1,08 | 1,51 | 1,91 | 2,11 | 1,83 | 3,44 | 0,00 | 2,14 | |
| | SSRR | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,006 | 0,007 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,48 | 0,00 | 0,55 | |
| | RP | 2,71 | -0,58 | -3,49 | -5,43 | -4,07 | -3,00 | 2,81 | 3,19 | 1,92 | -1,65 | -2,47 | -1,57 | 1,31 | 0,84 | -17,69 | 0,00 | -1,81 | |
| 2 | D | -0,30 | 0,47 | -0,45 | -1,18 | -0,90 | -0,77 | -0,17 | 0,09 | 0,67 | 0,58 | 0,18 | -0,53 | -0,52 | 0,14 | -0,11 | 0,00 | -0,16 | |
| | SD | 11,9 | 4,72 | 0,67 | 0,32 | 0,22 | 0,13 | 0,45 | 0,94 | 0,86 | 1,09 | 1,51 | 1,92 | 2,15 | 1,83 | 3,39 | 0,00 | 2,14 | |
| | SSRR | 0,05 | 0,02 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,008 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,29 | 0,00 | 0,04 | |
| | RP | -1,67 | 0,69 | -1,33 | -3,40 | -2,63 | -2,29 | 0,48 | 0,11 | 2,18 | 1,93 | 0,34 | -3,26 | -4,15 | -0,38 | -7,20 | 0,00 | -1,37 | |
| 3 | D | 7,55 | 4,59 | 2,17 | 0,46 | -0,0003 | -0,46 | -1,33 | -2,34 | -2,54 | -2,72 | -3,01 | -3,83 | -4,52 | -5,03 | -5,33 | 0,00 | -1,09 | |
| | SD | 12,1 | 4,97 | 0,82 | 0,41 | 0,27 | 0,20 | 0,42 | 0,95 | 0,85 | 1,08 | 1,49 | 1,93 | 2,20 | 1,92 | 3,58 | 0,00 | 2,21 | |
| | SSRR | 0,17 | 0,08 | 0,02 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,25 | 0,49 | 1,03 | 3,36 | 0,00 | 0,38 | |
| | RP | 16,7 | 11,0 | 5,69 | 1,20 | -0,06 | -1,39 | -4,15 | -7,93 | -9,23 | -10,8 | -13,4 | -19,9 | -28,6 | -41,8 | -73,2 | 0,00 | -11,7 | |
| 4 | D | 9,17 | 6,24 | 3,84 | 2,15 | 1,73 | 1,30 | 0,56 | -0,33 | -0,27 | -0,21 | -0,28 | -0,92 | -1,48 | -1,94 | -2,35 | 0,00 | 1,15 | |
| | SD | 24,6 | 16,4 | 9,76 | 7,91 | 7,04 | 7,49 | 4,62 | 6,80 | 5,92 | 5,24 | 3,63 | 1,04 | 0,26 | 0,57 | 1,37 | 0,00 | 6,84 | |
| | SSRR | 0,28 | 0,18 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,18 | 0,78 | 0,00 | 0,14 |
| | RP | 20,1 | 14,7 | 9,82 | 5,72 | 4,65 | 3,44 | 1,58 | -1,54 | -1,43 | -1,35 | -1,68 | -4,82 | -9,26 | -16,2 | -33,3 | 0,00 | -0,64 | |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

TABELA 2.12. Estatísticas para as estimativas dos perfis da árvore de *Pinus taeda* na classe de 35 a 40 cm de diâmetro, para o sítio VI, para os modelos testados com seus respectivos parâmetros: D = desvio; SD = desvio padrão das diferenças; SSRR = soma do quadrado das diferenças; RP = porcentagem dos resíduos.

| Mod. | Est. | Alturas relativas (%) | | | | | | | | | | | | | | | Média | |
|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | | 95 |
| 1 | D | 1,64 | 0,56 | 0,13 | -0,43 | -0,37 | -0,09 | 0,35 | 0,47 | -0,12 | -0,60 | -1,21 | -0,06 | -0,18 | -1,18 | -0,25 | 0,00 | -0,09 |
| | SD | 3,67 | 1,99 | 0,90 | 0,42 | 0,36 | 0,43 | 0,47 | 0,25 | 1,01 | 1,43 | 1,92 | 2,21 | 3,74 | 4,67 | 1,47 | 0,00 | 1,66 |
| | SSRR | 0,02 | 0,008 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,009 | 0,02 | 0,05 | 0,04 | 0,10 | 0,35 | 0,16 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | 3,15 | 1,13 | 0,25 | -1,09 | -0,96 | -0,27 | 1,01 | 1,44 | -0,49 | -2,33 | -5,34 | -0,89 | -2,39 | -12,0 | -5,90 | 0,00 | -1,65 |
| 2 | D | -0,38 | 1,68 | 1,23 | 0,36 | 0,07 | -0,01 | -0,73 | -0,69 | -0,08 | 0,20 | -0,80 | -0,43 | -0,63 | -0,82 | -0,31 | 0,00 | -0,09 |
| | SD | 3,66 | 1,96 | 0,89 | 0,43 | 0,35 | 0,43 | 0,51 | 0,27 | 1,01 | 1,41 | 1,90 | 2,22 | 3,78 | 4,64 | 1,47 | 0,00 | 1,66 |
| | SSRR | 0,01 | 0,01 | 0,008 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,004 | 0,009 | 0,01 | 0,04 | 0,05 | 0,11 | 0,31 | 0,17 | 0,00 | 0,05 |
| | RP | -1,05 | 3,61 | 2,78 | 0,83 | 0,15 | -0,06 | -2,03 | -2,05 | -0,36 | 0,52 | -3,69 | -2,57 | -4,74 | -9,48 | -6,60 | 0,00 | -1,65 |
| 3 | D | 8,53 | 5,90 | 4,11 | 2,30 | 1,30 | 0,62 | -2,03 | -3,08 | -3,54 | -3,53 | -4,43 | -3,88 | -4,18 | -5,18 | -6,57 | 0,00 | -0,91 |
| | SD | 3,81 | 1,96 | 0,91 | 0,47 | 0,35 | 0,44 | 0,52 | 0,31 | 1,09 | 1,49 | 1,98 | 2,30 | 3,98 | 4,92 | 1,47 | 0,00 | 1,73 |
| | SSRR | 0,16 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,007 | 0,003 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,10 | 0,21 | 0,22 | 0,41 | 1,27 | 3,73 | 0,00 | 0,43 |
| | RP | 17,6 | 12,9 | 9,47 | 5,53 | 3,22 | 1,56 | -5,70 | -9,25 | -11,69 | -12,74 | -18,4 | -18,00 | -23,7 | -40,7 | -81,4 | 0,00 | -11,4 |
| 4 | D | 12,4 | 9,80 | 8,03 | 6,24 | 5,25 | 4,60 | 2,03 | 1,05 | 0,73 | 0,86 | 0,05 | 0,63 | 0,29 | -0,85 | -2,60 | 0,00 | 3,24 |
| | SD | 5,44 | 3,33 | 1,93 | 1,11 | 1,11 | 1,25 | 1,04 | 0,71 | 1,29 | 1,81 | 2,00 | 2,06 | 3,73 | 4,74 | 1,25 | 0,00 | 2,19 |
| | SSRR | 0,34 | 0,24 | 0,18 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,32 | 0,78 | 0,00 | 0,16 |
| | RP | 25,7 | 21,6 | 18,6 | 15,1 | 13,1 | 11,7 | 5,79 | 3,21 | 2,35 | 2,89 | -0,19 | 2,26 | 0,20 | -9,70 | -33,7 | 0,00 | 5,27 |

1 = Polinômio de quinto grau; 2 = Polinômio de potência fracionária; 3 = Modelo de Clutter ; 4 = Modelo de Amateis e Burkhart

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S.; HOLBERT, D. **Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L.** Curitiba: EMBRAPA, 1981. p.37-68. (Boletim de Pesquisa Florestal, 3)
- AMATEIS, R.L.; BURKHART, H.E. Cubic-foot volume equations for loblolly pine trees in cutover site-prepared plantations. **Southern Journal of Applied Forestry**, Bethesda, v. 11, n. 4, p.190-192, Nov.1987.
- BAILEY, R.L. A compatible volume taper model on the Schumacher and Hall generalized constant form factor volume equations. **Forest Science**, Washington, v.40, n.2, p. 303-313, May 1994.
- BROAD, L.R.; WAKE, G.C. Derivate based methods for constructing volume-ratio and taper equations. **Forest Science**, Washington, v.41, n.1, p. 157-167, Feb.1995.
- CAMPOS, J.C.C.; RIBEIRO, J.C. Avaliação de dois modelos de taper em árvores de *Pinus patula*, **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.2, p. 140-149. jul./dez.1982.
- CAO, Q.V.; BURKHART, H.E.; MAX, T.A. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly Pine to any merchantable limit. **Forest Science**, Washington, v.26, n.1, p. 71-80, Mar. 1980.
- CLARK III, A.; SOUTER R.A.; SCHLAEGEL, B.E. **Stem profile equations for southern tree species**. Washington: Southeastern Forest Experiment Station, 1991.113p. (Research Paper SE-282)
- CLUTTER, J.L. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. **Forest Science**, Washington , v. 26, n. 1, p.117-120, Mar. 1980.
- DEMAERSHALK, J.P. Converting volume equations to compatible taper equations. **Forest Science**, Washington, v.18, n.3, p.241-245, Sept. 1972.
- DEMAERSHALK, J.P. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. **Canadian Forestry Research**, Ottawa, v.3, n.1, p.90-94, 1973.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 83, p.36-46, 1996a.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B.E.; HITCH, K.L. Number of diameters required to represent stem profiles using interpolated cubic splines. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.26, n.6, p.1113-1121, July 1996b.

- FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; KIRCHNER, F.F. E KIKUTE, P. Use of cubic spline functions to describe the stem taper of tapped and untapped trees of *Pinus elliotti* Engelm. var. *elliotti*. In: IUFRO. Centennial Meeting Session. **Mensuration growth and yield**. Berlin, 1992. p. 237-247.
- FINGER, C.A.G.; ZANON, M.L.B.; SCHNEIDER, P.R.; KLEIN, J.Z.M.; COELHO, M.C.B. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden, implantados na depressão central e encosta sudeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.3, p. 399-403, 1995.
- FLEWELLING, J.W.; RAYNES, L.M. Variable-shape stem-profile predictions for western hemlock. Part I. Predictions from DBH and total height. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.23, n.3, p.520-536, Mar. 1993.
- GÁL, J. ; BELLA, I.E. **New stem taper functions for 12 Saskatchewan timber species**. Edmonton: Canadian Forest Service, 1994. 25p. (Information Report NOR-X-338)
- GOULDING, C.J.; MURRAY, J.C. Polinomial taper equations that are compatible with tree volume equations. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.5, n.3, p.313-322, Mar. 1975.
- GOULDING, C.J. Cubic spline curves and calculation of volume of sectionally measured trees. **New Zealand Journal of Forestry Service**, Rotorua, v.9, n.1, p. 89-99, Sept.1977.
- GORDON, A. Comparison of compatible polynomial taper equations. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v.13,n.2, p.146-155, 1983.
- GUIMARÃES, D.P. **Uso de curva de potência na determinação de séries relativas contínuas de forma para espécies florestais**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1982. 24p. (Boletim de Pesquisa, 14).
- GUIMARÃES, D.P.; LEITE, H.G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n.2, p.170-180, maio/ago. 1992.
- HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abränger keiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschungs projekten)**. Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).
- HUSCH, B; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. Forest mensuration. 3.ed. New York: J. Wiley, 1982. 402p.
- KAHLER C.G. Determinacion de uma funcion de ahusamiento para renovales de roble y rauli. **Ciência e Investigación Agraria**, Santiago, v. 7, n. 1, p.117-133, 1993.
- KIRCHNER, F.F.; FIGUEIREDO FILHO, A.F.; SCOLFORO, J.R.S.; MACHADO, S.A.; MITISHITA, E.A. O uso de funções spline no cálculo de volumes de árvores. **Floresta**, Curitiba, v.19, n.1/2, p.116-122, 1989.

- KOZAK, A.; SMITH, J.H.G. Standards for evaluating tapes estimating systems. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v.69, n.4, p.438-444, Aug. 1993.
- LAHTINEN, A. On the construction of monotony preserving taper curves. **Acta Forestalia Fennica**, Helsinki, n.203, p. 5-31, May 1988.
- LAHTINEN, A. On the construction of shape preserving taper curves. **Silva Fennica**, Helsinki, n.1, p. 29-45, 1993.
- LARSON, P.R. Stem form development of forest tree. **Forest Science**, Washington, v.5, p.1-41, 1963.
- LEITE, H.G.; GUIMARÃES, D.P; CAMPOS, J.C.C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.1, p.65-79, jan./mar. 1995.
- LIU, C.J. Log volume estimation with spline approximation. **Forest Science**, Washington, v.26,n.3, p.361-369, Sept. 1980.
- LOETSH, F.; ZOHER, F; HALLER, K.E. **Forest inventory**. Berlim: BLV, 1973. v.2 469p.
- MAGUIRE, D.A.; BATISTA J.L.F. Sapwood taper models and implied sapwood volume and foliage profiles for costal Douglas-fir. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.26, p.849-863, May 1996.
- MATNEY, T. Profile equations for several hardwood species to variable top diameter limits. **South African Forestry Journal**, Mississippi, v. 16, p. 75-78, 1992.
- MAX, T.A.; BURKHART, H.E. Segmented polinomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Washington, v.22, n.3, p.283-289, Sept. 1976.
- MCTAGUE, J.P.; BATISTA, J.L.F.; STEINER, L.H. Equações de volume total, volume comercial e forma do tronco para plantações de Eucalyptus nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.56-63, 1989.
- MORRIS, D.M.; FORSLUND R.R. The relative importance of competition, microsite, and climate in controlling the stem taper and profile shape in jack pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v.22, n. 10-12, p. 1999-2003, 1992.
- MUHAIWE, C.K. Tree form and taper variaton over time for interior logdgepole pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.24, n.9, p. 1904-1913, Sept. 1994.
- MUNRO, D.D.; DEMAERSHALK, J.P. Taper based versus volume based compatible estimating systems. **The Forestry Chronicle**, Ottawa, v.50, n.3, p. 197-199, June 1974.

- PELLICO NETO, S. As curvas relativas contínuas de forma de Preussner para o sortimento dos fustes de espécies florestais, **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.17-27, 1994.
- ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica por unidade de área em povoamento de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFP, 1989. 163p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- SCHNEIDER, P.R. Forma de tronco e sortimentos para *Pinus elliotti* Engelm, da Floresta Nacional de Passo Fundo, Rio Grande do Sul. **Acta Forest Brasil**, Curitiba, n.1, 1986 p. 43-64.
- SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G.; KLEIN, J.E.M.; TOTTI, J.A.; BAZZO, J.L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n. 1, p.79-88, nov. 1996.
- SILVA, J.A. Funções de forma dos troncos de (*Pinus taeda*, *Picea exelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestris*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, Curitiba, 1982. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1982. p.29-45. (Documento, 9).
- THOMAS, C.E.; PARRESOL, B.R.; LÊ, K.H.N. Biomass and taper for trees in thinned and unthinned longleaf Pine plantations. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v.19, n 1, p. 29-35, Feb. 1995.
- TRINCADO, G.; GADOW, K.V.; TEWARI, V.P. Comparison of three stem profile equations for *Quercus robur* L. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v.4, n.177, p. 23-29, Nov. 1996.