



MODELAGEM DO PERFIL E DO VOLUME DO FUSTE DE *Tectona grandis* L. f. NO ESTADO DO PARÁ

Luciane Naimeke Schmidt¹, Sebastião do Amaral Machado², Allan Libanio Pelissari², Gilson Fernandes da Silva³, Mateus Niroh Inoue Sanquetta⁴

¹Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. lunaimekeschmidt@gmail.com

²Professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

³Professor da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, Brasil

⁴Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Recebido em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017
DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a32

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de diferentes modelos de afilamento para descrever a razão di/dap e o volume dos fustes. Os dados empregados pertencem a um povoamento de *Tectona grandis* L. f. localizado no estado do Pará, com idades variando entre quatro e cinco anos. Foram avaliados os modelos de Schöpfer, Kozak, Demaerschalk, Ormerod e Hradetzky. Os critérios de seleção para a escolha do modelo de melhor ajuste foram o Índice de Schlaegel (IA), erro padrão da estimativa ($Syx\%$) e análise gráfica de resíduos, além das estatísticas complementares: desvio (D), média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD). Com base nestas estatísticas, fez-se um ordenamento para classificar os melhores modelos. O modelo de Hradetzky se mostrou o mais adequado para estimar a razão di/dap . Para a estimativa do volume total dos fustes, o modelo de Demaerschalk foi o mais indicado, sendo que o de Hradetzky também apresentou bom desempenho. O modelo de Kozak apresentou os piores ajustes ao estimar ambas variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: afilamento, teca, volumetria.

MODELING STEM PROFILE AND VOLUME OF *Tectona grandis* L. f. IN THE PARÁ STATE

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the performance of different taper functions to describe the di/dbh relationship and stem volumes. We used data from a *Tectona grandis* L. f. stand located in the Pará State, with ages varying between four and five years-old. Five taper function were evaluated: Schöpfer, Kozak, Demaerschalk, Ormerod, and Hradetzky. The selection criteria for choosing the best fitted equation was based on the Schlaegel Index (IA), standard error of estimate in percentage ($Syx\%$), and residual graphical analysis, as well as the complementary statistics: deviation (D), average of the absolute differences (MD), and standard deviation of the differences (DPD). Based on these statistics, a ranking permitted choose the best

model. The Hradetzky model was the most suitable to estimate the di/dbh relationship. Demarschalk model was indicated to estimate the stem volume. Hradetzky model showed also a good performance. The Kozak model presented the worst fits to estimate both variables.

KEYWORDS: taper, teak, volumetry.

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L. f.) é uma espécie originária da Ásia e se destaca mundialmente por apresentar madeira com características desejáveis para construção civil e naval, e ainda para fabricação de móveis de luxo (NOCETTI et al., 2011; PELISSARI et al., 2014). Essa espécie se desenvolve bem em climas tropicais com umidade elevada, precipitação de 1.250 a 3.750 mm.ano⁻¹, e temperatura variando entre 13 a 43°C (LEITE et al., 2011).

O rápido crescimento em algumas regiões do país, destacando-se os estados do Mato Grosso e Pará, e a formação retilínea do fuste, fez com que os plantios de teca no Brasil, correspondendo, atualmente, a 88 mil hectares aproximadamente, passassem a ocorrer em grande escala para a produção de madeira serrada para o mercado externo (LEITE et al., 2011; IBÁ, 2016). No entanto, a exigência do mercado em relação à diversidade e qualidade dos produtos florestais vem se tornando cada vez maior, demandando formas para quantificar e qualificar tais produtos.

Nesse cenário, os modelos de afilamento passam a representar uma importante ferramenta para atender a essas novas necessidades (KÖHLER et al., 2015), uma vez que permitem estimar com certa acurácia o diâmetro a qualquer altura do fuste, a altura onde um determinado diâmetro ocorre ou ainda o volume parcial ou total do fuste, via integração da área das seções do tronco (MÔRA et al., 2014). Com isso, conseguem representar a forma do tronco das árvores, a qual influencia diretamente na qualidade e na quantidade dos multiprodutos.

O termo técnico afilamento é utilizado no meio florestal para se referir ao perfil do tronco de uma árvore e é definido como sendo a taxa de decréscimo do diâmetro do fuste da base para o topo. Pode variar com a espécie ou o material genético, o espaçamento inicial, as práticas de desbastes, a capacidade produtiva do local, dentre outros fatores (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

O estudo do perfil do tronco apresenta grande importância no processo de produção florestal, uma vez que auxilia na obtenção mais precisa do volume, além de ser fundamental na determinação e na otimização dos sortimentos das árvores, influenciando no melhor aproveitamento para os diversos subprodutos. Assim, proporcionar o uso múltiplo do tronco de uma árvore em povoamentos florestais depende do conhecimento da forma do fuste, do volume e da dimensão dos seus sortimentos. Tais informações possibilitarão o planejamento e o estudo da viabilidade econômica desses povoamentos (FAVALESSA et al., 2012a; FIGUEIREDO FILHO et al., 2015).

Diversos modelos têm sido propostos e empregados para descrever o afilamento dos fustes, uma vez que o desenvolvimento de novos modelos e métodos é justificado devido à dificuldade em descrever corretamente as diferentes porções do tronco, a complexidade de ajuste e/ou aplicação. Além disso, é importante ressaltar que nem sempre uma determinada função que estime diâmetros satisfatoriamente, irá estimar volumes da mesma maneira (SILVA et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho de

diferentes modelos de afilamento para descrever as variáveis: razão di/dap e o volume do fuste de indivíduos pertencentes a povoamentos de *Tectona grandis*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos por meio de levantamentos em campo realizados nos anos de 2012 e 2013 em povoamentos jovens de teca, localizados no município de Redenção, estado do Pará, plantados em espaçamento 4 x 4 m, com idades variando de quatro a cinco anos.

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo equatorial super úmido (Am), no limite de transição para Aw. A temperatura média anual é de 25°C, variando entre 22°C e 32°C. Apresenta elevada umidade relativa e estações bem definidas durante o ano. A precipitação varia de 1.200 a 2.500 mm.ano⁻¹ e altitude entre 160 e 730 m, características ideais para o desenvolvimento da teca, uma vez que se considera como tolerável uma altitude máxima de 700 m (IDESP, 2013).

No inventário florestal, foram medidos diretamente os diâmetros à altura do peito (dap) de todas as árvores das unidades amostrais e parte delas tiveram as alturas totais (h) mensuradas. A partir dos dados obtidos, foram selecionadas aleatoriamente e derrubadas 35 árvores nos povoamentos, representativas quanto à amplitude diamétrica verificada. A cubagem rigorosa foi realizada pelo método de Smalian, com medições dos respectivos diâmetros (di) nas posições hi , correspondente às alturas 0,0 m (base); 0,5 m; 1,0 m; 2,0 m e assim por diante, de metro em metro, até a ponta fina de 4 cm de diâmetro. O volume real das árvores cubadas foi calculado com base nos valores de cada seção baseando-se na seguinte fórmula:

$$v_i = \frac{g_j + g_{j+1}}{2} \cdot l \quad (1)$$

Em que:

v_i = volume da i -ésima seção (m³);

g_j = área transversal na extremidade mais grossa da j -ésima tora (m²);

g_{j+1} = área transversal na extremidade mais fina da j -ésima tora (m²);

l = comprimento da tora da i -ésima seção (m); e

i = número de toras ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

Quando se considera o volume inteiro do tronco, é comum expressar o volume da última porção ou da ponta como sendo um cone.

$$v_p = g_n \cdot l_n \cdot \frac{1}{3} \quad (2)$$

Em que:

v_p = volume da ponta;

g_n = área basal do cone; e

l_n = comprimento do cone.

Assim sendo, o volume total da árvore (v_i) foi calculado baseando-se na seguinte expressão:

$$v_i = \left(\sum_{i=1}^n v_i \right) + v_p \quad (3)$$

Os modelos de afilamento empregados no presente estudo são apresentados na TABELA 1, sendo que os modelos de Schöpfer, Kozak e Hradetzky foram ajustados por meio de regressão linear, e os demais, os quais não permitiam transformações matemáticas, por meio de regressão não linear. As potências do modelo de Hradetzky foram escolhidas pelo processo *stepwise*, utilizando o programa estatístico Statgraphics. Este processo consiste em eliminar todas as variáveis que não atingiram grau de significância de 95%, determinado para o teste, sendo que as potências combinadas foram desde 0,00005 até 95. As integrais das funções foram resolvidas no *software* Maple 12.

TABELA 1. Modelos de afilamento testados

Denominação	Modelo
SCHÖPFER (1966)	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2 + \beta_3 \cdot x^3 + \beta_4 \cdot x^4 + \beta_5 \cdot x^5$
KOZAK et al. (1969)	$y^2 = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2$
DEMAERSCHALK (1973)	$y^2 = 10^{2 \cdot \beta_0} \cdot dap^{(2 \cdot \beta_1 - 2)} \cdot h^{2 \cdot \beta_2} \cdot (h - h_i)^{2 \cdot \beta_3}$
ORMEROD (1973)	$y^2 = z^{2 \cdot \beta_1}$
HRADETZKY (1976)	$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x^{p_1} + \beta_2 \cdot x^{p_2} + \beta_3 \cdot x^{p_3} + \beta_n \cdot x^{p_n}$

Em que: $y = di/dap$; $x = hi/h$; $z = (hi-h)/(h-1,3)$; d_i = diâmetro na altura i (em cm); dap = diâmetro a 1,30 m do solo (em cm); h_i = altura da i -ésima seção (em m); h = altura total (em m); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = coeficientes de regressão; e $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ = potências selecionadas pelo processo *stepwise*.

A escolha da melhor equação foi baseada nos seguintes critérios indicativos da qualidade do ajuste: Índice de Schlaegel (IA), erro padrão da estimativa ($Syx\%$), e análise gráfica de resíduos. Os modelos foram avaliados quanto à estimativa da razão di/dap e do volume total. As fórmulas para cálculo das estatísticas do IA e $Syx\%$ estão descritas a seguir:

$$IA = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \cdot \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{total}} \right) \quad (4)$$

Em que:

IA = Índice de Schlaegel;

n = número de observações;

p = número de variáveis independentes do modelo em questão;

SQ_{res} = soma de quadrado dos resíduos; e

SQ_{total} = soma de quadrado total.

$$Syx\% = \frac{\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \right)}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (5)$$

Em que:

Syx% = erro padrão da estimativa corrigido;

y_i = valor observado; e

\hat{y}_i = valor estimado.

Adicionalmente, para avaliar o desempenho dos modelos, foram empregados testes complementares por meio das seguintes estatísticas (TABELA 2): desvio (D); média das diferenças absolutas (MD) e desvio padrão das diferenças (DPD). A partir desses resultados, realizou-se um ordenamento entre os modelos testados, tanto para a estimativa da razão di/dap quanto do volume, em que foram atribuídos pesos de 1 a 5. Para cada estatística, o valor 1 foi dado ao modelo de melhor ajuste e 5 para o de pior desempenho. Por fim, foi considerado o modelo mais acurado aquele que apresentou menor somatório dos pesos, resultando numa classificação de 1 a 5.

TABELA 2. Estatísticas complementares para avaliação do ajuste dos modelos

Critério	Estimador
Desvio (D)	$D = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n \hat{y}_i}{n}$
Média das diferenças absolutas (MD)	$MD = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \hat{y}_i }{n}$
Desvio padrão das diferenças (DPD)	$DPD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n di)^2}{n}}{n-1}}$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos parâmetros para todos os modelos de afilamento testados estão apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3. Estimativas dos parâmetros dos modelos testados

Denominação	Coefficientes					
	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
Schöpfer	1,3466	-4,9748	19,5424	-41,8712	40,3423	-14,3442
Kozak	1,5605	-3,9092	2,6321	-	-	-
Demaerschalk	0,4506	1,0516	-1,6992	1,3315	-	-
Ormerod	-	1,1381	-	-	-	-
Hradetzky	1,3713	-0,0898	-1,0383	-0,3494	0,5868	-

Na TABELA 4 constam os resultados das estatísticas de precisão IA e $Syx\%$. De acordo com os valores de IA , os modelos apresentaram ajustes satisfatórios, com resultados mais precisos para a razão di/dap , que variou de 0,9064 a 0,9522, em comparação a variável volume total, variando de 0,8112 a 0,9078. Com relação ao $Syx\%$, os valores variaram de 10,36 a 14,50% para a razão di/dap , e de 11,49 a 16,44% para o volume.

TABELA 4. Estatísticas *IA*, *Syx%*, Desvio médio (*D*), Média das diferenças absolutas (*MD*), Desvio padrão das diferenças (*DPD*) e a classificação dos modelos para o conjunto de dados estudado

<i>di/dap</i>						
Denominação	Estatísticas de precisão e critérios complementares					
	<i>IA</i>	<i>Syx%</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	<i>DPD</i>	Classificação
Schöpfer	0,9505	10,54	2,4.10 ⁻¹⁶ (1)	0,0574 (2)	0,0752 (2)	2
Kozak	0,9070	14,45	-0,0055 (4)	0,0826 (4)	0,1032 (5)	4
Demaerschalk	0,9064	14,50	0,0378 (5)	0,0831 (5)	0,0967 (4)	5
Ormerod	0,9261	12,88	-0,0025 (3)	0,0685 (3)	0,0923 (3)	3
Hradetzky	0,9522	10,36	-4,8.10 ⁻¹⁶ (2)	0,0559 (1)	0,0739 (1)	1

Volume total						
Denominação	Estatísticas de precisão e critérios complementares					
	<i>IA</i>	<i>Syx%</i>	<i>D</i>	<i>MD</i>	<i>DPD</i>	Classificação
Schöpfer	0,8416	15,06	-0,0001 (1)	0,0176 (3)	0,0234 (4)	2
Kozak	0,8153	16,26	-0,0060 (3)	0,0193 (4)	0,0259 (5)	4
Demaerschalk	0,9078	11,49	0,0064 (4)	0,0147 (1)	0,0173 (2)	1
Ormerod	0,8112	16,44	0,0218 (5)	0,0230 (5)	0,0167 (1)	3
Hradetzky	0,8519	14,57	0,0013 (2)	0,0174 (2)	0,0230 (3)	1

Por meio dessas estatísticas, verificou-se que alguns modelos com melhores resultados para a estimativa da razão *di/dap* não apresentaram o mesmo desempenho ao estimar o volume. Os modelos de Hradetzky, Schöpfer e Ormerod apresentaram, respectivamente, os melhores ajustes para a razão *di/dap*, diferente do volume, que foi mais bem estimado pelos modelos de Demaerschalk, Hradetzky e Schöpfer, respectivamente. O modelo de Kozak apresentou piores ajustes para ambas variáveis, indicando certa tendenciosidade ao estimar o diâmetro em função do *dap* e o volume em determinadas porções do fuste.

No que se refere aos critérios adicionais *D*, *MD* e *DPD* para avaliação dos ajustes (TABELA 2), é importante ressaltar que esses não retratam o desempenho das funções de afilamento, uma vez que são médias que não consideram a posição da estimativa ao longo do fuste. Portanto, servem apenas como um indicativo de correlação existente entre as variáveis envolvidas nos modelos testados, conforme mencionado por SILVA et al. (2011). O ordenamento desses critérios mostrou que os modelos de Hradetzky, Schöpfer e Ormerod apresentaram melhores ajustes para a razão *di/dap*, e os modelos de Demaerschalk e Hradetzky, seguido pelo modelo de Schöpfer, para as estimativas de volume total. O modelo de Kozak apresentou os piores ajustes em ambos os casos. Esses resultados estão em conformidade com aqueles verificados pelas estatísticas de precisão *IA* e *Syx%*.

Na FIGURA 1 estão apresentados os gráficos referentes à dispersão dos resíduos para todos os modelos testados. Para a estimativa da razão *di/dap* verificou-se que os modelos de Hradetzky e Schöpfer apresentaram comportamento dos resíduos semelhante, com valores distribuídos sem grande tendenciosidade. Os demais modelos apresentaram leve tendência, destacando a subestimação dos valores para toda a amplitude diamétrica pelo modelo de Demaerschalk. Para a estimativa do volume, foi observado que esse modelo apresentou melhor distribuição dos resíduos, com pequena tendência de subestimação para indivíduos com volume acima de 0,2 m³. Já os modelos de Hradetzky, Schöpfer e Kozak, superestimaram os valores para os maiores volumes. O modelo de Ormerod subestimou o volume em toda linha de tendência.

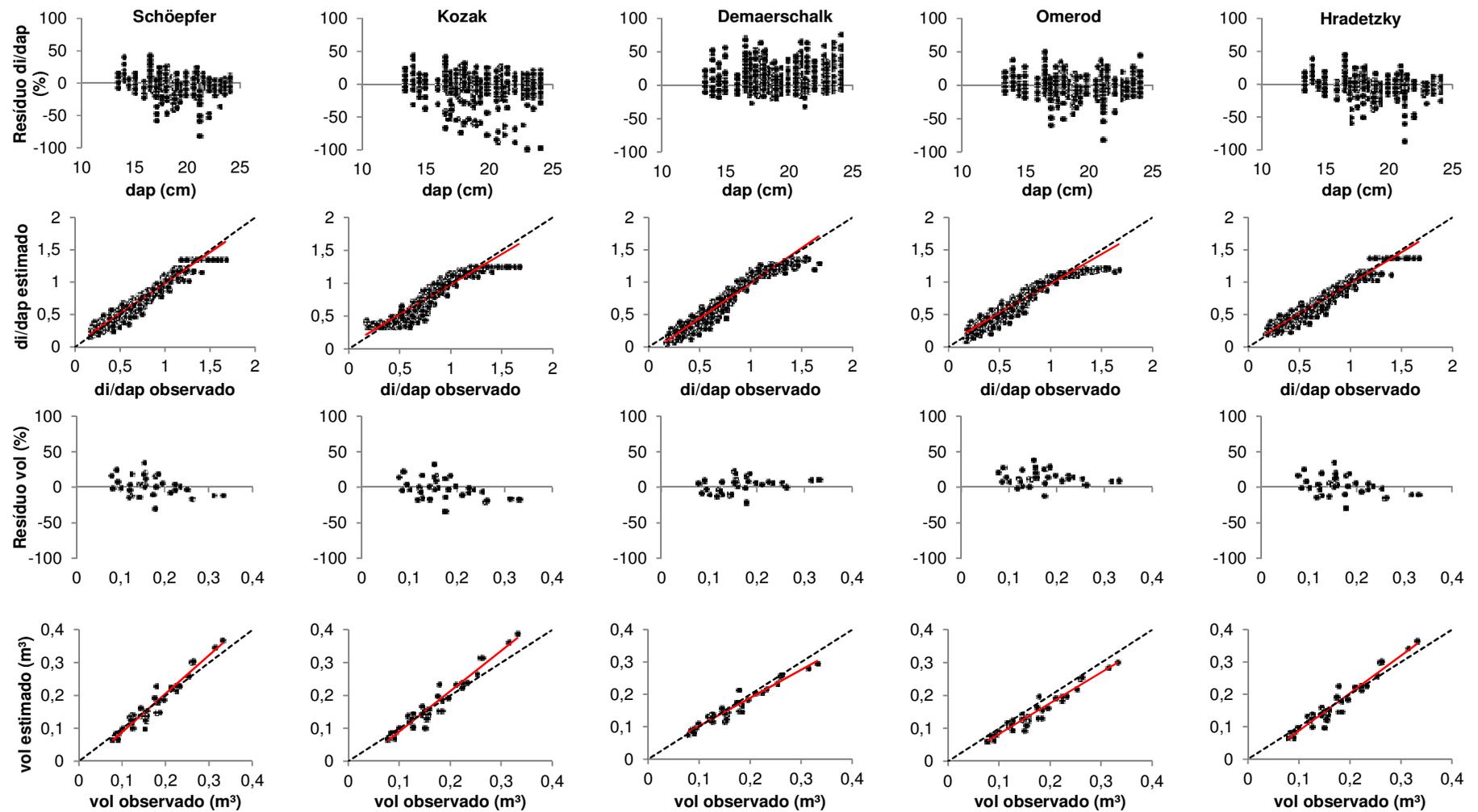


FIGURA 1. Gráficos de dispersão dos resíduos dos modelos de afilamento ajustados para descrever o perfil e volume total do fuste de *Tectona grandis* L. f.

FAVALESSA et al. (2012a), empregando dados de *Tectona grandis*, verificaram que a equação de quinto grau ajustada, ou de Schöpfer, permitiu estimativas mais acuradas do volume ao longo do fuste, com exceção da base, destacando como vantagem a maior simplicidade de ajuste e aplicação. Para estimativa do diâmetro ao longo do fuste de *Tectona grandis*, FAVALESSA et al. (2012b) constataram que o modelo de Hradetzky propiciou as melhores equações para o conjunto total dos dados e para a maioria das classes de diâmetro.

MÔRA et al. (2014) constataram que o modelo de Demaerschalk apresentou resultados mais precisos ao estimar o diâmetro e o volume de fustes do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em Minas Gerais. SILVA et al. (2011) indicaram o modelo de potências fracionárias de Hradetzky para estimar com mais segurança a razão di/dap , o diâmetro ao longo do fuste e o volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, na região do Triângulo Mineiro. Esses autores também ressaltaram a baixa flexibilidade da equação de KOZAK et al. (1969), que apresentou tendenciosidade na estimativa das três variáveis, ora superestimando ora subestimando, ressaltando a dificuldade em simular a base e o topo das árvores do conjunto de dados.

O modelo de Demaerschalk apresentou maior IA , menor $Sxy\%$ e melhor distribuição dos resíduos para a estimativa do volume dos fustes do povoamento estudado, no entanto, o modelo de potências fracionárias de Hradetzky também se mostrou bastante preciso, se posicionando em segundo lugar quanto a essas estatísticas, e empatando no caso dos critérios complementares. No que se refere à estimativa da razão di/dap , o modelo de potências fracionárias se mostrou o mais adequado, apresentando os melhores resultados para todas as análises realizadas.

A combinação de potências de menor e maior valor, selecionadas por meio de processo iterativo, garantiu ao modelo de HRADETZKY (1976) os melhores desempenhos ao estimar a razão di/dap e o volume dos fustes de *Tectona grandis*, destacando como uma de suas maiores vantagens frente aos demais modelos, a flexibilidade para descrever o perfil das árvores. Com isso, embora não recomendado, mas seja comum o uso de apenas um modelo para tais estimativas, indica-se o modelo de HRADETZKY (1976) para a espécie e região estudadas.

CONCLUSÕES

O modelo de HRADETZKY (1976) se mostrou o mais adequado para estimar a razão di/dap . Para a estimativa do volume total dos fustes, o modelo de DEMAERSCHALK (1973) foi o indicado, sendo que o de HRADETZKY (1976) também apresentou bom desempenho.

Os piores ajustes foram observados empregando o modelo de KOZAK et al. (1969), que apresentou tendenciosidade na distribuição de resíduos e estatísticas inferiores aos demais modelos, exceto para a estimativa da razão di/dap , em que o modelo de DEMAERSCHALK (1973) se posicionou em último na classificação.

No caso de se ajustar ambas variáveis por meio de uma única função, o modelo de potências fracionárias é o indicado, podendo ser utilizado com segurança nas estimativas para a espécie *Tectona grandis* na região de Redenção, estado do Pará.

REFERÊNCIAS

DEMAERSCHALK, J. P. Integrated systems for the estimations of tree taper and volume. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 3, n. 1, p. 90-94, 1973.

FAVALESSA, C. M. C.; UBIALLI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R.; ACOSTA, F. C. Equações de sortimentos para *Tectona grandis* na região Centro-sul de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 389-399, 2012a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.389>>. doi: 10.4336/2012.pfb.32.72.389.

FAVALESSA, C. M. C.; UBIALLI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Funções de afilamento não segmentadas e segmentadas para *Tectona grandis* na região Centro-sul Matogrossense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 373-387, 2012b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.373>>. doi: 10.4336/2012.pfb.32.72.373.

FIGUEIREDO FILHO, A.; RETSLAFF, F. A. S.; KOHLER, S. V.; BECKER, M.; BRANDES, D. Efeito da idade no afilamento e sortimento em povoamentos de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 50-59, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.080114>>. doi: 10.1590/2179-8087.080114.

FIGUEIREDO FILHO, A.; KOHLER, S. V.; FELDE, J. L.; DIAS, A. N. Dinâmica do afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 595-603, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420041386>>. doi: 10.1590/01047760201420041386.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abstrakter Keiten**. Biometrische Beiträge zu aktuellen forschungs projekten. Baden: Wurttemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146 p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).

INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual IBÁ 2016**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. **Estatística Municipal de Redenção**. Belém: IDESP, 2013. p. 6-44.

KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A. Evolução do sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 545-554, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v45i3.35746>>. doi: 10.5380/ufv.v45i3.35746.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. Taper functions and their applications in Forest inventory. **Forestry Chronicle**, Quebec, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969. Disponível em: <<http://pubs.cif-ifc.org/doi/pdf/10.5558/tfc45278-4>>.

LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelos de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L. f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 89, p. 53-59, 2011. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr89/cap05.pdf>>.

MÔRA, R.; SILVA, G. F.; GONÇALVES, F. G.; SOARES, C. P. B.; CHICHORRO, J. F.; CURTO, R. A. Análise de diferentes formas de ajuste de funções de afilamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 237-249, 2014. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr102/cap08.pdf>>.

NOCETTI, M.; ROZENBERG, P.; CHAIX, G.; MACCHIONI, N. Provenance effect on the ring structure of teak (*Tectona grandis* L. f.) wood by X-ray microdensitometry. **Annals of Forest Science**, v.68, p.1375-1383, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s13595-011-0145-4>>. doi: 10.1007/s13595-011-0145-4.

ORMEROD, D. W. A simple bole model. **Forestry Chronicle**, Quebec, v. 49, n. 3, p. 136-138, 1973. Disponível em: <<http://pubs.cif-ifc.org/doi/pdf/10.5558/tfc49136-3>>.

PELISSARI, A. L.; GUIMARÃES, P. P.; BEHLING, A.; EBLING, A. A. Cultivo da teca: Características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 1, n. 1, p. 127-145, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2014a/cultivo.pdf>>.

SCHÖPFER, W. **Automatisierung des massen, Sorten und Wertberechnung stenender Waldbestände Schriftenreihe Bad**. Berlin: Wurt-Forstl., 1966. n.p.

SILVA, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Equações de afilamento para descrever o volume total do fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 367-376, 2011. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr91/cap09.pdf>>.