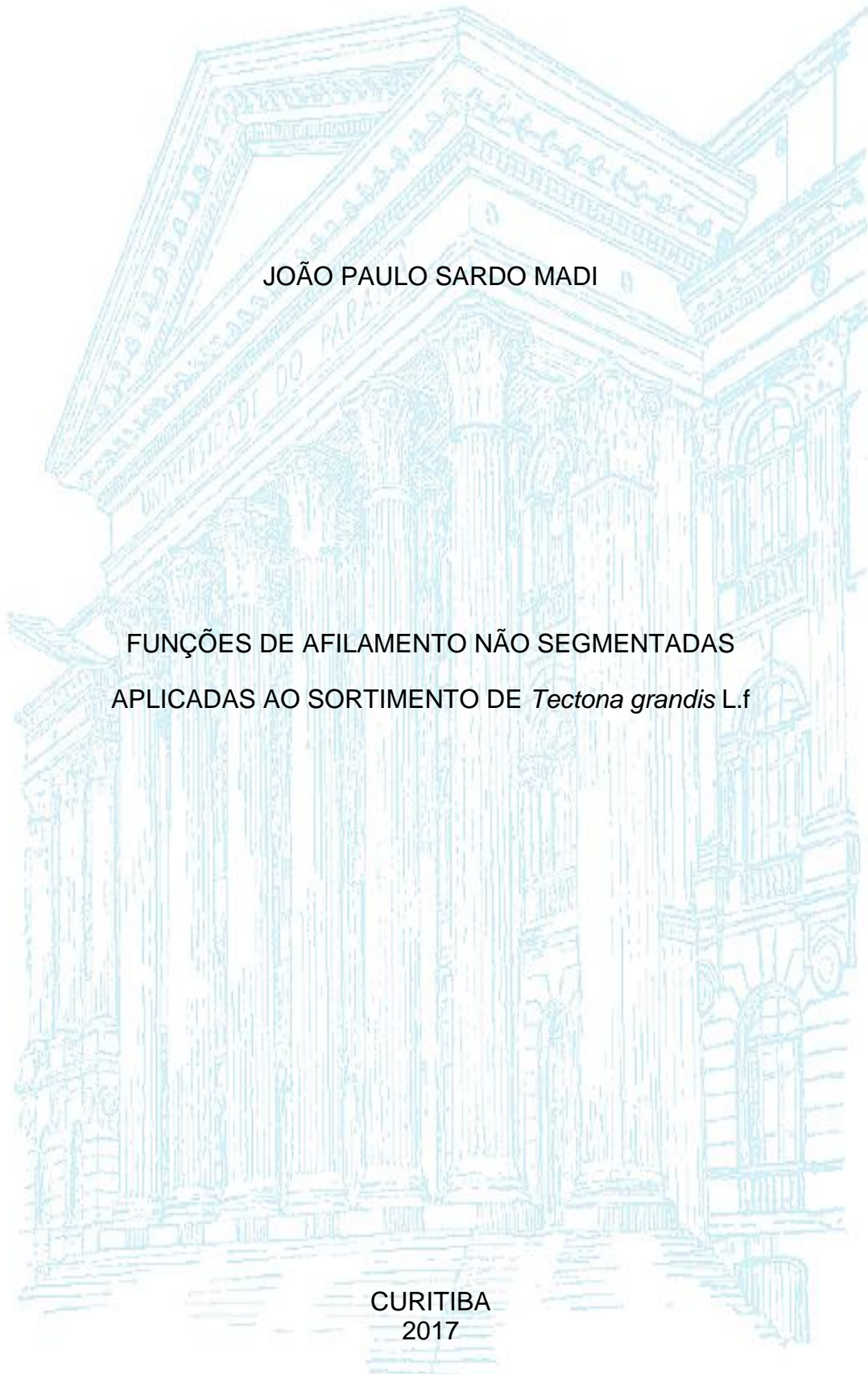


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PAULO SARDO MADI

FUNÇÕES DE AFILAMENTO NÃO SEGMENTADAS
APLICADAS AO SORTIMENTO DE *Tectona grandis* L.f

CURITIBA
2017



JOÃO PAULO SARDO MADI

FUNÇÕES DE AFILAMENTO NÃO SEGMENTADAS
APLICADAS AO SORTIMENTO DE *Tectona grandis* L.f

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Manejo de Precisão, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador (a): Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

CURITIBA
2017

FUNÇÕES DE AFILAMENTO NÃO SEGMENTADAS
APLICADAS AO SORTIMENTO DE *Tectona grandis* L.f

João Paulo Sardo Madi¹

¹Engenheiro Florestal, Bacharel em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), joaosardomadi@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a acuracidade dos modelos de afilamento ajustados na estimativa do volume da base, na porção média e na porção apical do fuste. O trabalho foi desenvolvido na fazenda Aguaçu no município de Cuiabá-MT. Os dados coletados foram provenientes da cubagem rigorosas, pelo método de Smalian, de 52 árvores. Os modelos de afilamento utilizados foram os de Prodan (1965), Schöepfer (1966) e Hradetzky (1976). O volume dos sólidos de revolução foram obtidos a partir da integração numérica das funções de afilamento. Para avaliar a qualidade da estimativa do volume foi realizado um sistema de rank, utilizando as estatísticas do erro padrão da estimativa percentual ($S_{yx}\%$), viés (V), erro quadrático (MSE) e desvio padrão das diferenças (DPD). Os modelos apresentaram tendências ao longo do fuste. Com o auxílio das estatísticas, por meio do sistema de rank, observou-se que o modelo de Schöepfer foi o modelo nas porções da base e na porção média, na porção apical o modelo de Prodan se destacou com maior acuracidade perante os outros testados. O modelo de Schöepfer é o mais adequado, dentre os modelos testados, para representar o volume das porções do fuste, uma vez que apresentou o mais acurado em duas porções do fuste.

Palavras-Chave: Schöepfer. Sólido de revolução. Teca.

ABSTRACT

This work've had as objective to evaluate the accuracy of the taper models fitted at estimation of base volume, average portion and apical portion of the stem. This work have been developed at farm Aguaçu, Cuiabá-MT. The collecting datas was coming of scaling, by the method of Smalian, where 52 trees at samples of 600 m². The taper models used was Prodan (1965), Shoepfer (1966) and Hradetzky (1976). The volume of revolution solids was obtain by the numeric integration of the taper models. Evaluating the quality of volume estimated was realized a system rank, using the statistics $S_{yx}(\%)$, V , MSE and DPD. The models presented tendencies along the stem. Helped by the rank system, was noted Shoepfer's models presented the better accuracy at the base portion and the average portion, at apical portion the better model was Prodan. The Shoepfer's model is indicated to estimate the stem volume of portions of the stem, once this model was more accuracy in two portions.

Keywords: Schöepfer. Revolution Solid. Teak.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1. Área de estudo	2
2.2. Banco de dados.....	3
2.3. Equações de volume desenvolvidas a partir das funções de afilamento.....	3
2.3.1. Modelos Utilizados	3
2.3.1.1. Prodan (1965)	3
2.3.1.2. Schöepfer (1966)	4
2.3.1.3. Potências Fracionárias de Hradetzky (1976)	4
2.3.2. Cálculos das estimativas do volume	4
2.4. Estratificação do fuste	5
2.5. Avaliação da qualidade dos modelos na estimativa do volume.....	5
2.5.1. Erro Padrão da estimativa ($S_{yx}\%$)	6
2.5.2. Erro Quadrático (MSE).....	6
2.5.3. Viés (V)	6
2.5.4. Desvio Padrão das Diferenças (DPD).....	6
2.6. <i>Software</i> utilizado	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
4. CONCLUSÃO	11
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

1. INTRODUÇÃO

Os multiprodutos madeireiros de uma floresta são originados a partir de árvores que apresentem amplitude de diâmetros que enquadrem as toras que as compõem nos mais diversos usos, realidade relacionada a plantios de longa rotatividade. Porém inventários em plantios com esse objetivo faz-se necessário a quantificação dos multiprodutos provenientes da floresta e não apenas do volume total do povoamento.

O estudo na área de forma do fuste é fundamental para avaliações econômicas e de alta relevância para a tomada de decisão no momento apropriado de intervir na floresta (NEWNHAM, 1988).

Segundo Campos et al. (2013) a definição dos produtos oriundos dos plantios florestais é uma atividade relativamente complexa, que é influenciada por diversos fatores, que pode-se destacar: características e especificações de cada produto (comprimento e diâmetros mínimos e máximos), receita obtida, custo de processamento, características operacionais, demanda de mercado, dentre outras.

Uma das estratégias utilizadas para a quantificação dos multiprodutos é a realização do sortimento das toras, na qual se determina os diâmetros mínimos e comprimento necessário, correspondente a utilização da tora.

O sortimento pode ser realizado por meio das funções de afilamento ou *taper*, que são modelos estatísticos que buscam representar o perfil longitudinal do fuste das árvores. Por meio desses modelos é possível determinar os diâmetros ao longo das alturas, prever as alturas e em que altura se encontra o diâmetro desejado e a partir da integração dessas funções permite a obtenção dos volumes totais e os sortidos.

Neste contexto, a *Tecona grandis* L.f, uma espécie de longa rotatividade, faz-se necessário a utilização do sortimento para quantificação dos multiprodutos provenientes da mesma, assim objetivou-se no presente estudo em avaliar a acuracidade dos diferentes modelos de afilamento ajustados na estimação do volume na porção da base, média e na porção apical do fuste da espécie *Tectona grandis* L.f (teca).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Aguaçú (Figura 1), circunscrita à coordenada 15°37'16" S e 49°33'11" W, no município de Cuiabá – MT, em um povoamento de *Tectona grandis* L.f. de origem seminal, com 12 anos de idade, com regime de desbaste e área efetiva de plantio de 118,4856 hectares.

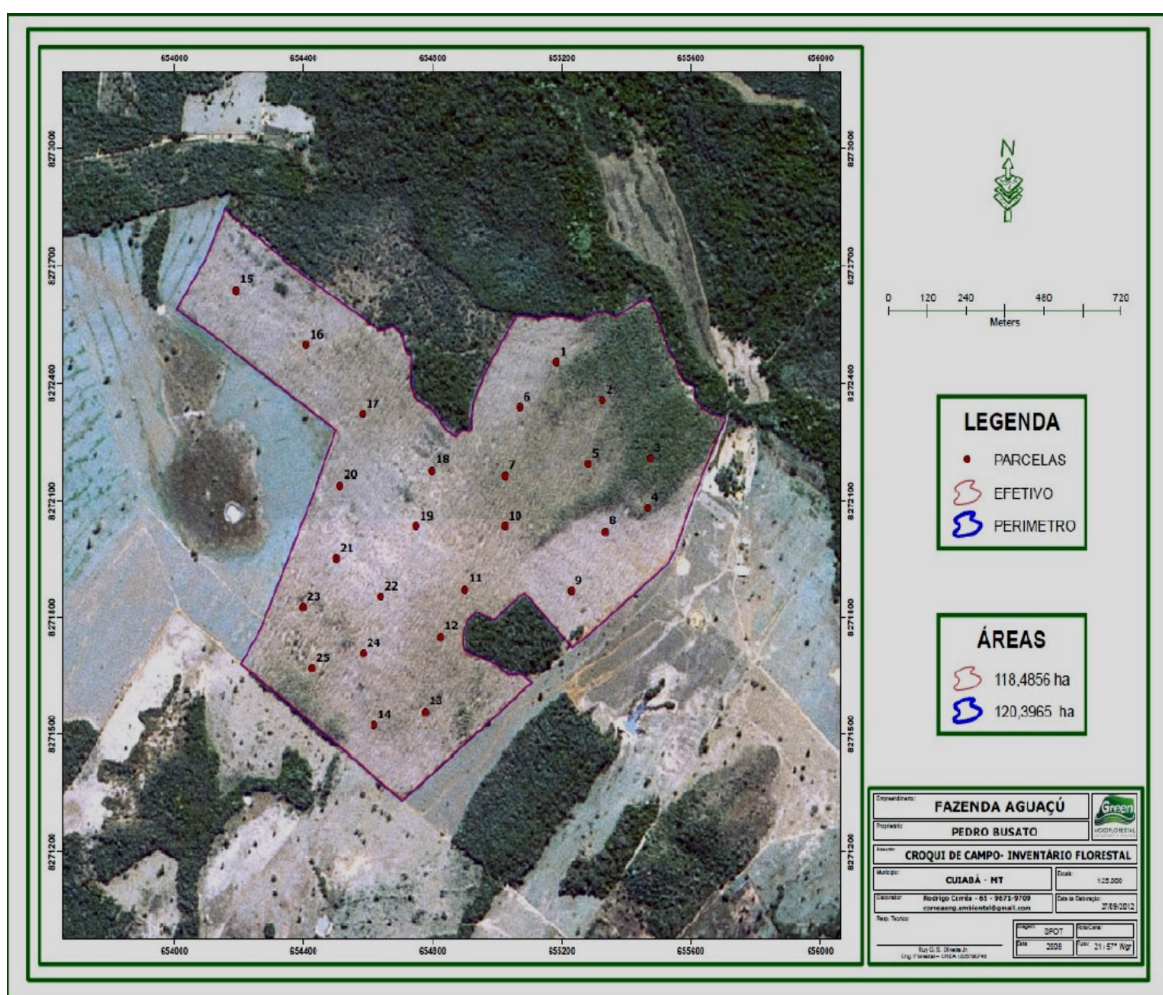


Figura 1– Localização do povoamento de *Tectona grandis* L.f., Cuiabá - MT, 2002-2014

Fonte: BARROS (2013)

O clima da região é do tipo Aw (Clima Tropical com Estação seca no inverno) segundo a classificação de Köppen, com precipitação elevada, variando de 1.450 à 1.650 mm anuais, variando entre 260 à 300 mm nos meses mais chuvosos e 10

à 20 mm nos meses mais secos. Apresenta temperatura média de 25°C, com a estação seca coincidindo com o inverno (ALVARES et al., 2013).

A vegetação é do tipo Contato Savana – Floresta Estacional Decidual Submontana (BRASIL, 1980). O solo da região é predominantemente do tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico típico e petroplíntico, com baixa fertilidade natural, moderada a alta suscetibilidade à erosão laminar e linear (sulcos e ravinas) e severas restrições para agricultura (IBGE, 2009).

2.2. Banco de dados

Os ajustes das equações foram realizados por meio dos dados obtidos da cubagem de 52 árvores, que foram selecionadas a partir da distribuição diamétrica do povoamento, onde foram coletadas aproximadamente 10 árvores por classe diamétrica.

A cubagem das 52 árvores foi realizada pelo método de Smalian, utilizando-se do método destrutivo.

Os diâmetros reais foram obtidos pelo método de Smalian, em todas as 52 árvores, medindo-se os diâmetros a partir de 0,2 m, 0,5 m, 0,7 m, 1,0 m, 1,3 m de altura e as medidas subsequentes foram obtidas a 1,0 m da medida anterior. A altura total foi tomada onde o ápice do fuste medir 3 cm de diâmetro.

Os modelos foram ajustados considerando os diâmetros a 1,3 metros do solo (DAP) com casca, e os diâmetros nas alturas relativas explicitadas anteriormente.

2.3. Equações de volume desenvolvidas a partir das funções de afilamento

Os volumes dos sólidos de revolução foram obtidos a partir da integração das áreas seccionais dos fustes obtidos a partir da integração dos modelos de afilamento ajustados.

2.3.1. Modelos Utilizados

2.3.1.1. Prodan (1965)

$$d_i = DAP \cdot \left[\beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + \beta_4 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 \right]$$

em que: d_i = diâmetro a altura h_i do tronco; DAP = Diâmetro à Altura do Peito; β_i = Coeficientes a serem estimados; h = Altura total; h_i = altura até a seção “i” n do fuste.

2.3.1.2. Schöpfer (1966)

$$d_i = DAP \cdot \left[\beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + \beta_4 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + \beta_5 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \right]$$

em que: d_i = diâmetro a altura h_i do tronco; DAP = Diâmetro à Altura do Peito; β_i = Coeficientes a serem estimados; h = Altura total; h_i = Altura até a seção “i” n do fuste.

2.3.1.3. Potências Fracionárias de Hradetzky (1976)

$$d_i = DAP \cdot \left[\beta_0 + \beta_1 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_1} + \beta_2 \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_2} + \dots + \beta_n \cdot \left(\frac{h_i}{h}\right)^{p_n} \right]$$

em que: d_i = Diâmetro a altura h_i do tronco; DAP = Diâmetro à Altura do Peito; β_i = Coeficientes a serem estimados; h = Altura total; h_i = Altura até a seção “i” n do fuste; p_i = Potência i do modelo.

As potências utilizadas para o procedimento de *stepwise* foram 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 15, 20, 25. Os valores das potências foram baseados no estudo de Favalessa et al.(2012), que trabalhou com *Tectona grandis* na região centro-sul mato-grossense.

2.3.2. Cálculos das estimativas do volume

Para a estimativa dos volumes parciais foi utilizado o procedimento de integração numérica.

$$v = \int_{l_i}^{l_s} \left(\frac{\pi}{40000} \right) \cdot (f(x))^2$$

em que: v = Volume; l_i = Limite inferior utilizado; l_s = Limite superior utilizado; $f(x)$ = função de afilamento.

A integração foi realizada usando a função “integrate” associada a função “mapply”, ambas implementadas no *software* R.

2.4. Estratificação do fuste

As funções de afilamento apresentam diferença na qualidade do ajuste ao longo do fuste da árvore.

Para verificar a qualidade do ajuste dos modelos foi realizada a estratificação do fuste (Figura 2) de 0,2 m até 26% da altura total, caracterizando a base do fuste; a partir de 26% a 76% da altura total, caracterizou-se como a porção média; e a partir de 76% a 95% da altura total, caracterizou-se como a porção apical.

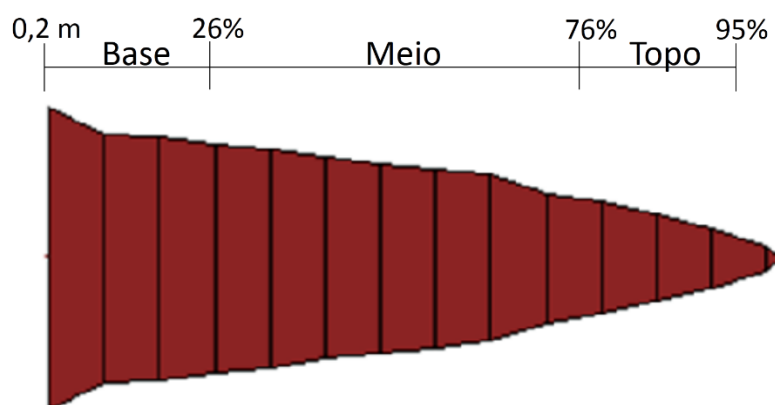


Figura 2 - Esquema da estratificação do fuste nas porções da base, do meio (média) e do topo (apical)

2.5. Avaliação da qualidade dos modelos na estimativa do volume

Para a avaliar a qualidade na estimativa do volume das funções de afilamento, foi elaborado um sistema de rank, com notas variando de 1 a 3, de acordo com as estatísticas do erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$), o viés (V), erro quadrático (MSE) e o desvio padrão das diferenças (DPD). O modelo que obtiver a

menor soma é o que foi mais acurado na respectiva porção do fuste. Outra forma de avaliação dos modelos foi a análise gráfica dos resíduos.

2.5.1. Erro Padrão da estimativa ($S_{yx}\%$)

$$S_{yx}\% = \frac{\sqrt{\frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}}}{\bar{y}_i} 100$$

em que: y_i = Volume observado; \hat{y}_i = Volume predito; n = Número de observações; p = Número de parâmetros dos modelos; \bar{y}_i = Volume médio.

2.5.2. Erro Quadrático (MSE)

$$MSE = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}$$

em que : y_i = Volume observado; \hat{y}_i = Volume predito; n = Número de observações; p = Número de parâmetros dos modelos.

2.5.3. Viés (V)

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{y_i - \hat{y}_i}{n}$$

em que : y_i = Volume observado; \hat{y}_i = Volume predito; n = Número de observações.

2.5.4. Desvio Padrão das Diferenças (DPD)

$$DPD = \frac{\sum_{i=1}^n di^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n di)^2}{n}}{n-1}$$

em que : n = Número de observações; p = Número de parâmetros dos modelos; $d_i = y_i - \hat{y}_i$.

2.6. Software utilizado

Foi utilizado o software R para realizar as regressões dos modelos não segmentados, com excessão do modelo de Hradetzky, e para os cálculos de

volume e das estatísticas de avaliação. Para o ajuste do modelo de Hradetzky, utilizou-se do *software* SAS, para realização do processo de *stepwise*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ajustes das funções de afilamento (Tabela 1) obtiveram valores de $R^2_{ajustado}$ variando 0,95 e 0,96 sendo que o melhor desempenho foi verificado no modelo de Hradetzky, utilizando as potências de 0,005, 0,7 e 0,6. Os valores de $S_{yx}\%$ apresentaram variação de 9,63 à 11,13, sendo o melhor resultado obtido novamente pelo modelo de Hradetzky. Queiroz et al. (2008) obteve como melhor ajuste entre os modelos testados em seu estudo com *Mimosa scabrella*, a função de Hradetzky, os mesmos autores ressaltam que essa eficiência se encontra principalmente na parte inferior do fuste. Yoshitani Junior et al. (2012), da mesma forma, obteve como melhor ajuste para *Pinus taeda* o modelo de Hradetzky seguido pelo modelo de Schöpfer, como a do presente estudo.

Tabela 1 - Coeficientes dos modelos ajustados com suas estatísticas de ajuste e precisão para estimativa dos diâmetros de *Tectona grandis* L. f., Cuiabá-MT

Modelos	Coeficientes	$S_{yx}\%$	R^2 ajus.
Prodan	$\beta_0 = 1,2731^*$	11,13	0,95
	$\beta_1 = -4,2314^*$		
	$\beta_2 = 13,3483^*$		
	$\beta_3 = -19,8780^*$		
	$\beta_4 = 9,7709^*$		
Schöpfer	$\beta_0 = 1,3262^*$	10,69	0,95
	$\beta_1 = -6,3311^*$		
	$\beta_2 = 30,4529^*$		
	$\beta_3 = -71,3500^*$		
	$\beta_4 = 74,3265^*$		
Hradetzky	$\beta_0 = 102,4736^*$	9,63	0,96
	$\beta_1 = -103,9138^*$		
	$\beta_2 = -15,9663^*$		
	$\beta_3 = 17,4591^*$		

em que: β_n = Coeficientes a serem estimados; $S_{yx}\%$ = Erro padrão da estimativa; $R^2_{ajus.}$ = Coeficiente de determinação ajustado; * = Significância ao nível de 5 % de probabilidade pelo Test t.

A partir da integração dos modelos ajustados a função de Prodan na porção inferior (Figura 3) apresentou a tendência de superestimar o volume nas árvores com DAP's menores e de subestimar na árvores com DAP's maiores de maneira análoga as funções de Schöpfer e de Hradetzky apresentarem o mesmo comportamento.

Na porção média (Figura 4), os modelos ajustados apresentaram a tendência em superestimar o volume das árvores de DAP's menores à DAP's médios, a partir das árvores com DAP's superiores a 25 cm os modelos tenderam em subestimar o volume.

Na porção apical (Figura 5) os modelos apresentaram o mesmo comportamento citados anteriormente.

De uma maneira geral os modelos ajustados apresentaram uma tendenciosidade na estimativa do volume.

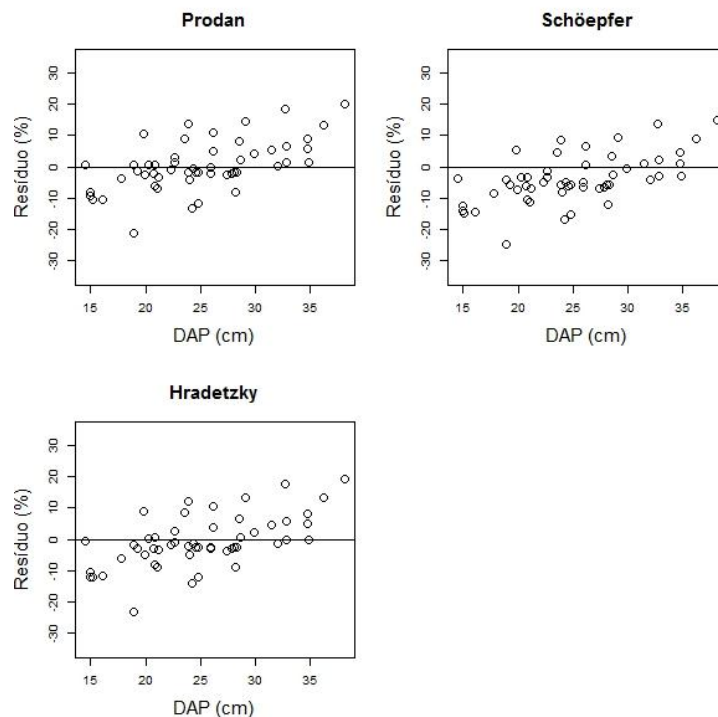


Figura 3 - Gráfico de dispersão dos resíduos para a estimativa dos volumes pelos modelos ajustados para a porção da base de *Tectona grandis*, Cuiabá - MT

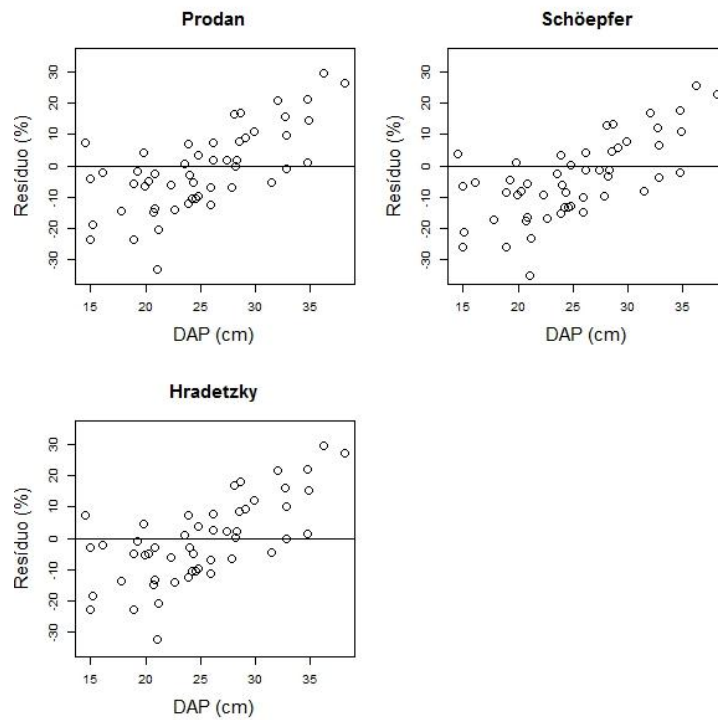


Figura 4 - Gráfico de dispersão dos resíduos para a estimativa dos volumes pelos modelos ajustados para a porção média de *Tectona grandis*, Cuiabá - MT

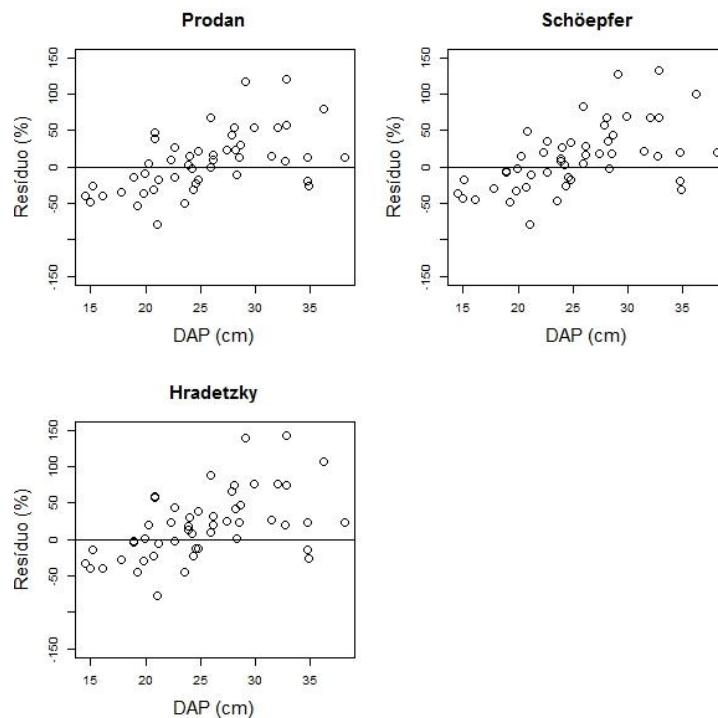


Figura 5 - Gráfico de dispersão dos resíduos para a estimativa dos volumes pelos modelos ajustados para a porção média de *Tectona grandis*, Cuiabá - MT

Analisando as estatísticas auxiliares (Tabela 2), por meio do ranking elaborado para aferir qual modelo foi mais acurado em cada porção analisada, nota-se que o modelo de Schöpfer foi o mais acurado na porção da base e na porção média do fuste, evidencia a sua eficácia em estimar o volume até 0,76 da altura total das árvores em relação aos outros modelos testados, uma vez que obteve o melhores resultados para as estatísticas auxiliares, com destaque para o $S_{yx}\%$ de 9,5374 para a porção da base e o viés para porção média de -0,0007. Favalessa et al. (2012) em seu estudo, com a espécie *Tectona grandis*, de maneira semelhante à esse presente trabalho, obteve que o modelo ajustado de Schöpfer foi o mais acurado para representar o volume das árvores ao longo do fuste.

Queiroz et al (2008), obteve em seu estudo na estimativa do volume como melhor ajuste o modelo Hradetzky, diferente do presente estudo, tal modelo não foi a melhor a opção na tentativa em estimar o volume entre as porções dos fustes testadas.

O modelo de Prodan obteve maior acuracidade na porção apical (Tabela 2), onde obteve a menor somatória das notas, porém obteve um erro padrão da estimativa elevado de aproximadamente 46,1505 menor que os demais modelos. Resultado semelhante foi obtido por Môra (2015), que nos modelos testados tanto para espécie de *Pinus* como *Eucalyptus*, o erro padrão da estimativa obtidos foram elevados quando comparado as outras porções do fuste.

Observa-se que de acordo com que muda a porção do fuste o erro padrão da estimativa dos modelos testados se eleva, uma vez que a variabilidade dos diâmetros aumenta em consequência do aumento da altura.

Tabela 2 - Estatísticas de avaliação da qualidade na predição do volume de *Tectona grandis*, Cuiabá - MT

Estatísticas					
Porção da base					
Modelos	$S_{yx}(\%)$	V	MSE	DPD	
Prodan	11,34237	0,0059	0,0005	0,0005	
Schöpfer	9,537449	-0,0033	0,0004	0,0004	
Hradetzky	10,93974	0,0038	0,0005	0,0005	
Notas					\sum Notas
Prodan	3	3	2	2	10
Schöpfer	1	1	1	1	4
Hradetzky	2	2	2	2	8

continua Tabela 2 - Estatísticas de avaliação da qualidade na predição do volume de *Tectona grandis*, Cuiabá - MT

					Porção Média
Prodan	17,5634	0,0058	0,0012	0,0012	
Schöpfer	16,2569	-0,0007	0,0010	0,0010	
Hradetzky	17,6766	0,0068	0,0013	0,0012	
					∑ Notas
Notas					
Prodan	2	2	2	2	8
Schöpfer	1	1	1	1	4
Hradetzky	3	3	3	2	11
					Porção Apical
Prodan	46,15048	-5,4676.e ⁻⁵	1,8346.e ⁻⁵	1,870.e ⁻⁵	
Schöpfer	50,19915	0,0005	2,1244.e ⁻⁵	2,1425.e ⁻⁵	
Hradetzky	50,01589	0,001	2,2006.e ⁻⁵	2,1484.e ⁻⁵	
					∑ Notas
Notas					
Prodan	1	1	1	1	4
Schöpfer	3	2	2	2	9
Hradetzky	2	3	3	3	11

Apesar do modelo de Hradetzky ter apresentado o melhor ajuste na estimativa dos diâmetros, o modelo não foi o que apresentou a melhor estimativa para o volume, Ferreira (2004) comenta que uma das justificativas para que isso ocorra é que o volume real obtido pela forma de Smalian, utiliza-se da integração de um sólido de revolução parabólico, e já o volume calculado a partir da integração da função de afilamento, obtêm o sólido segundo a forma definida pela mesma.

4. CONCLUSÃO

O modelo ajustado de Schöpfer foi o que obteve as melhores estatísticas entre os modelos testados na estimativa dos volumes, sendo superior na porção da base e na porção média, já na porção apical o que obteve o melhor resultado foi o modelo de Prodan, que é o mais indicado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köpen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Fast Track DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Gebru"der Borntraeger, Stuttgart, 2013.

BARROS, F. S. **Funções de afilamento não segmentadas para estimativa dos diâmetros e volumes de *Tectona grandis* L. f., no município de Cuiabá-MT.** 39 f. Graduação (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

BRASIL. **Folha SD. 21ZD4 – Juruena: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1980. 464p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 20).

CAMPOS, B. P. F.; BINOTI, D. H. B.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; BINOTI, M. L. M. S. Conversão de árvores em multiprodutos da madeira utilizando programação inteira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.881-887, 2013.

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**, v. 32, n. 72, p. 389, 2012.

FAVALESSA, C. M.; UBIALLI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Funções de afilamento não segmentadas e segmentadas para *Tectona grandis* na região centro-sul mato-grossense. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 373-387, 2012.

FERREIRA, M. Z. **Estudo de funções de afilamento para representar o perfil e o volume do fuste de *Pinus taeda* L.** 214 f. Mestrado (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abränger keiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen forshungs projekten).** Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146p.

MÔRA, R. **Funções de afilamento de forma variável e modelagem de efeitos mistos em fustes de *Pinus taeda* e *Eucalyptus saligna*.** 277 f. Doutorado (Engenharia Florestal) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

NEWNHAM, R. M. **A variable-form taper function.** Ontario: Petawawa National Forestry Institute, 1988. 41 p.

PRODAN, M. **Holzmesslehre.** Frankfurt: Sauerlanders, 1965. 644 p.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S..Identidade de modelos em funções de afilamento para *Mimosa scabrella*Bentham em povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba-PR, v.38, n.2, p. 339-349,2008.

SCHOEPPER, W. Autimatisierung des massen, sorten and wertberechnung stenender Waaldbestande Schriftenreihe Bad. [S.I.]: Wurtt-Forstl., 1966. n.p.

YOSHITANI JUNIOR, M.; NAKAJIMA, N. Y.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; DRUSZCZ, J. P.; HOSOKAWA, R. T.; MELLO, A. A. Funções de afilamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 1. 169. 2012.