

# Funções segmentadas de taper para o clone GG100 no sudeste do Tocantins

Segmented taper functions for clone GG100 in southeastern Tocantins

---

*David Lucas Camargo Vieira Terra<sup>1</sup>; Valdir Carlos Lima de Andrade<sup>2</sup>; José Moisés Ferreira Junior<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Engenheiros Florestais, mestrandos em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins.

E-mails: davidlcv7@hotmail.com, juniortecagrofloresta11@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Professor Adjunto, Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Tocantins.

E-mail: vclandradeuft@gmail.com

---

**Resumo:** Este estudo objetivou avaliar modelos segmentados de taper para o clone GG100 em um plantio comercial localizado no sudeste do estado do Tocantins. Foram cubadas rigorosamente 54 árvores-amostra, em que foram ajustados cinco modelos segmentados de taper, sendo um modelo nunca testado no Brasil. Na avaliação dos modelos de taper, adotaram-se os critérios estatísticos: erro padrão da estimativa, coeficiente de determinação ajustado, critério de informação de Akaike, raiz quadrada do erro médio, correlação linear múltipla, porcentagem da variação explicada, desvio médio, Bias e gráficos de distribuição. Concluiu-se que o modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991) apresentou melhores resultados quanto à qualidade e ao nível de precisão no ajuste, seguido dos modelos de Max e Burkhardt (1976) e de Cao, Burkhardt e Max (1980). No teste de validação com dados independentes, o modelo de Cao, Burkhardt e Max (1980) resultou ser o modelo segmentado mais adequado para o Clone GG100 no Tocantins e, conseqüentemente, mais confiável para estudos sobre o uso de sua madeira para multiprodutos.

**Palavras-chave:** Inventário florestal. Dendrometria. Afilamento.

**Abstract:** This study aimed to evaluate segmented taper models for clone GG100 in a commercial plantation located in the southeastern state of Tocantins. Sixty-four sample trees were strictly covered, where five segmented taper models were fitted, being a model never tested in Brazil. The statistical criteria were: standard error of the estimate, adjusted coefficient of determination, Akaike information criterion, square root of the mean error, multiple linear correlation, percentage of explained variation, mean deviation, Bias e distribution charts. It was concluded that the Clark, Souter and Schlaegel (1991) model presented better quality and level of precision in the adjustment, followed by Max and Burkhardt (1976) and Cao, Burkhardt and Max (1980) models. In the validation test with independent data, the Cao, Burkhardt and Max (1980) model proved to be the most suitable segmented model for Clone GG100 in Tocantins and, therefore, more reliable for studies on the use of its wood for multiproducts.

**Keywords:** Forest inventory. Dendrometry. Taper.

## Introdução

O setor produtivo de base florestal divide-se em vários tipos de produtos, tais como: celulose e papel, carvão vegetal, móveis, madeira serrada, painéis reconstituídos, entre outros (MEDEIROS *et al.*, 2016), com florestas de eucalipto responsáveis por 71,8% de toda a área de floresta plantada no Brasil, onde o Tocantins é responsável por 116.365 há. (IBÁ, 2016). Nesse caso, entre o grande número de espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, o clone GG100, oriundo do cruzamento de *E. urophylla* com *E. grandis*, é um dos mais comercializados no país, podendo até ser utilizado para a produção de multiprodutos madeireiros.

Diante disso, o conceito de multiprodutos permite uma melhor adequabilidade de diferentes produtos da madeira, quanto às suas dimensões, à qualidade e ao valor de mercado. Isso reflete de forma direta na receita econômica e financeira de um empreendimento florestal, o que exige inventários florestais mais detalhados e confiáveis quanto às estimativas de estoque para se ter melhor eficiência do planejamento da produção florestal. (SOUZA *et al.*, 2016). Nesse contexto, para que um plano de manejo seja eficiente e sustentável, é fundamental conhecer o volume de madeira produzido em uma área de forma bastante confiável, especialmente quando se almeja melhor utilização dos multiprodutos madeireiros, é essencial, então, o emprego de equações de taper. (ANDRADE *et al.*, 2016).

Equações de taper, comumente geradas a partir do ajuste de modelos estatísticos aos dados de diâmetro medidos em diferentes partes do tronco de algumas árvores-amostra, são utilizadas para realizar sortimentos dos povoamentos florestais a partir do conhecimento de diâmetros e comprimentos de toragens exigidos pelo mercado madeireiro. Consequentemente, é possível, também, obter a altura e o volume em diferentes partes do tronco. (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2016; CAMPOS; LEITE, 2013).

Grosenbaugh (1966) diz que o perfil pode ser facilmente modelado se o fuste for dividido em partes. Nesse caso, segundo Bi (2000), os pontos fracos compartilhados por muitas funções de afilamento são os seguintes: 1) a existência de um elevado grau de viés na predição do diâmetro sobre algumas porções do fuste, em particular na base e na parte superior, apesar de o desvio total ser baixo, 2) a incapacidade de levar em conta as diferenças na forma do fuste entre árvores.

Como uma possível solução, uma abordagem com funções segmentadas, os sub-modelos são unidos de modo que as derivadas de primeira ordem sejam iguais no ponto de interseção dos segmentos. Com isso, o objetivo desse estudo foi avaliar o ajuste de modelos de taper segmentados para o clone GG100 no Tocantins, a fim de melhor contribuir para um uso mais eficiente dos seus multiprodutos madeireiros.

## Materiais e Métodos

### Área de Estudo e Coleta de Dados

O estudo foi realizado com dados de um plantio florestal localizado no município de Dianópolis, região sudeste do estado do Tocantins. Nessa região, o clima

predominante corresponde ao tipo C2w2A' a` da classificação de Thornthwaite-Mather, com temperatura média mensal de 26°C e precipitação pluviométrica em torno de 1.500 mm/ano, ocorrendo entre os meses de outubro a maio. (SEPLAN, 2012).

Os dados foram coletados em 54 árvores-amostra do clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (GG100), que foi implantado no espaçamento inicial de 3,5 x 2,0 m e tinha sete anos de idade por ocasião da coleta dos dados. Para ajuste dos modelos segmentados de taper, cubaram-se 34 árvores considerando-se as alturas absolutas: 0,3; 0,9; 1,3; 2,30 m e, sucessivamente, de 2 m em 2 m até um diâmetro em torno de 3 cm com casca. Já para a validação dos melhores modelos, foi feita a cubagem rigorosa de outras 20 árvores-amostra, considerando-se as alturas absolutas: 0,2; 0,4; 0,7; 1,3; 2,70 m e, sucessivamente, de 2 m em 2 m até um diâmetro em torno de 3 cm com casca.

### Modelos Segmentados de Taper Testados

Foram testados os modelos segmentados de Max e Burkhart (1976) e de Clark, Souter e Schlaegel (1991), modelos segmentados mais testados na área florestal brasileira (ASSIS *et al.*, 2001; SOUZA *et al.*, 2008; FAVALESSA *et al.*, 2012a e 2012b; LANSANOVA *et al.*, 2013; ANDRADE, 2014) e os modelos pouco testados de Cao, Burkhart e Max (1980), Valentini e Cao (1986) e de Parresol, Hotvedt e Cao (1987), sendo o modelo de Valentini e Cao (1986) ainda não testado em florestas no Brasil e os outros encontrados nos trabalhos de Souza *et al.* (2008), Schröder *et al.* (2015), Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996) e Scolforo *et al.* (1998). Portanto, os modelos segmentados testados foram os seguintes:

Max e Burkhart (1976) modelo 1:

$$\frac{di}{D}^2 = \beta_1 T - 1 + \beta_2 T^2 - 1 + \beta_3 \alpha_1 - T^2 I_1 + \beta_4 \alpha_2 - T^2 I_2 + \varepsilon;$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & \text{se } T \leq \alpha_1 \\ 0 & \text{se } T > \alpha_1 \end{cases} \quad I_2 = \begin{cases} 1 & \text{se } T \leq \alpha_2 \\ 0 & \text{se } T > \alpha_2 \end{cases}$$

Cao Burkhart e Max (1980) modelo 2:

$$\frac{di}{D}^2 = \frac{\beta_1}{K} 2W + \beta_2 3W^2 - 2W + \beta_3 W - \alpha_1^2 I_1 + \beta_4 W - \alpha_2^2 I_2 + \varepsilon;$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & \text{se } W \geq \alpha_1 \\ 0 & \text{se } W < \alpha_1 \end{cases} \quad I_2 = \begin{cases} 1 & \text{se } W \geq \alpha_2 \\ 0 & \text{se } W < \alpha_2 \end{cases}$$

Parresol, Hotvedt e Cao (1987) modelo 3:

$$\frac{di}{D}^2 = Z^2 \beta_1 + \beta_2 Z + Z - \alpha^2 \beta_3 + \beta_4 Z + 2\alpha I + \varepsilon;$$

$$I = \begin{cases} 1 & \text{se } Z \geq \alpha \\ 0 & \text{se } Z < \alpha \end{cases}$$

Clark, Souter e Schlaegel (1991) modelo 4:

$$\frac{d_i}{D} = I_S D^2 \left[ 1 + \frac{\beta_3 + \beta_4 D^3}{1 - 1,3 H \beta_1} \frac{1 - h_i H \beta_1}{1 - 1,3 H \beta_1} \right] + I_B D^2 - \frac{D^2 - F^2}{1 - 1,3 H \beta_2} \frac{1 - h_i H \beta_2}{1 - 5,3 H \beta_2} + I_T F^2 \beta_5 \frac{h_i - 5,3}{H - 5,3} - 1 + I_M \frac{1 - \beta_5}{\alpha^2} \alpha - \frac{h_i - 5,3}{H - 5,3} + \varepsilon;$$

$$I_S = \begin{cases} 1 & \text{se } h_i < 1,3 \\ 0 & \text{outros casos} \end{cases} \quad I_B = \begin{cases} 1 & \text{se } 1,3 \leq h_i < 5,3 \\ 0 & \text{outros casos} \end{cases}$$

$$I_T = \begin{cases} 1 & \text{se } h_i > 5,3 \\ 0 & \text{outros casos} \end{cases} \quad I_M = \begin{cases} 1 & \text{se } h_i < 5,3 + \alpha H - 5,3 \\ 0 & \text{outros casos} \end{cases}$$

Valentini e Cao (1986) modelo 5:

$$\frac{d_i}{D} = \beta_1 W + \beta_2 W^2 + \beta_3 W - \beta_5 I_1 + \beta_4 W - \beta_6 I_2 + \varepsilon;$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & \text{se } W \geq \beta_1 \\ 0 & \text{se } W < \beta_1 \end{cases} \quad I_2 = \begin{cases} 1 & \text{se } W \geq \beta_2 \\ 0 & \text{se } W < \beta_2 \end{cases}$$

Em que:  $d_i$ =diâmetro na altura  $h_i$  (cm),  $D$ =DAP (cm),  $H$ =altura total (m),  $h_i$ =altura no tronco onde se mediu  $d_i$ (m),  $F$ =diâmetro na posição a 5,30m de altura do solo, necessário ao ajuste do modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991),  $K = \frac{\pi}{40000}$ ,  $W = \frac{H-h_i}{H}$ ,  $T = \frac{h_i}{H}$ ,  $Z = 1 - \frac{h_i}{H}$ ,  $\beta_1$  e  $\alpha_1$ =coeficientes de regressão a serem estimados,  $\varepsilon$  = erro aleatório do modelo.

### Validação dos Modelos

Para avaliar a qualidade no ajuste dos modelos segmentados de taper, aos dados do clone GG100, adotaram-se os critérios estatísticos: coeficiente de determinação ajustado (CDA), erro padrão residual (EPR), critério de informação de Akaike (CIA) e análise da distribuição de resíduos. Esses critérios estatísticos, obtidos com base na variável  $d_i$ , foram utilizados conforme feito por Novo, Rojo e Álvarez (2003), Rodriguez e Molina (2003), Figueiredo, Scolforo e Oliveira (2006), Queiroz *et al.* (2008), Horle *et al.* (2010), Lansanova *et al.* (2013), Téó *et al.* (2013) e Costa *et al.* (2016).

Visando uma decisão final quanto ao melhor modelo segmentado, foi analisado o desempenho em um teste de validação com as 20 árvores diferentes das 34 empregadas no ajuste, ou seja, utilizou-se um banco de dados independentes. Nessa etapa de validação, foram utilizados os critérios estatísticos: raiz quadrada do erro médio (RQEM), correlação linear múltipla (Ryy), porcentagem da variação explicada (PVE), desvio médio (DM), Bias e, também, gráficos de distribuição residual. As estatísticas de validação foram obtidas pelas seguintes fórmulas:

$$RQEM_{(\%)} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i - d_1}{n}}}{d_1} 100$$

$$Ryy_{(\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i d_1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \sum_{i=1}^n d_1}{\sum_{i=1}^n d_i - d_1^2 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \sum_{i=1}^n d_1^2} 100$$

$$PVE_{(\%)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i - d_1}{d_i - d_1}^2}{2} 100$$

$$DM_{\%} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_1 - d_i}{d_i} 100$$

$$Bias_{\%} = \frac{\sum_{i=1}^n d_1 - \sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} 100$$

Os resultados das estatísticas adotadas de RQEM, Ryy, PVE, DM e Bias foram somados com intuito de classificar os resultados obtidos. As estatísticas Ryy<sub>(%)</sub> e PVE<sub>(%)</sub> foram transformadas, ou seja, estas foram subtraídas do valor de 100 para manter o critério de decisão, ou seja, quanto menor o valor, melhor o resultado obtido pelo somatório dessas estatísticas. (LEITE; ANDRADE, 2002; ANDRADE, 2014). Esse total percentual foi obtido por: total<sub>(%)</sub> = RQEM<sub>(%)</sub> + 100 – Ryy<sub>(%)</sub> + 100 – PVE<sub>(%)</sub> + DM<sub>%</sub> + Bias<sub>%</sub>

## Resultados

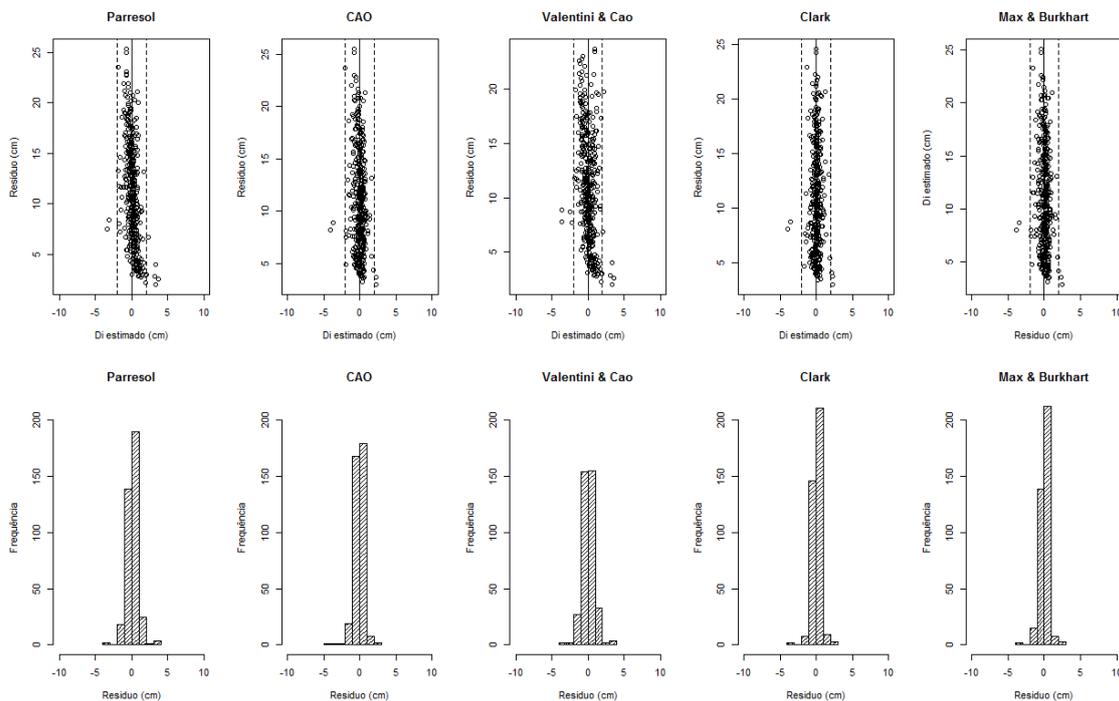
Os resultados de coeficientes e critérios estatísticos obtidos são apresentados na Tabela 1. Nota-se que o modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991) é o que apresenta os melhores resultados com EPR de 5,3%, CDA de 0,986 e CIA de 665,4. Em seguida, a sequência de superioridade do ajuste foi: 1, 2, 3 e 5. O modelo 5 se refere ao modelo de Valentini e Cao (1986), que apresentou os piores resultados com EPR de 8,0%, CDA de 0,967 e CIA de 980,7. Já quanto à distribuição dos resíduos (Figura 1), pode-se analisar que as dispersões mais tendenciosas são para os modelos de Parresol, Hotvedt e Cao (1987) e Valentini e Cao (1986). Os modelos de Cao, Burkhart e Max (1980), Clark, Souter e Schlaegel (1991) e Max e Burkhart (1976) apresentam dispersões similares quanto à uniformidade ao longo da reta 0 cm. Contudo, analisando-se o histograma dos resíduos, nota-se que os modelos de Clark, Souter e Schlaegel (1991) e Max e Burkhart (1976) apresentam a melhor distribuição normal com a maior frequência de resíduos em torno de ±1 cm.

**Tabela 1.** Coeficientes estimados e resultados dos critérios estatísticos de análise obtidos para cinco modelos segmentados de taper para o clone GG100

Estimativa	Modelo				
	Max e Burkhardt	Cao, Burkhardt e Max	Parresol, Hotvedt e Cao	Clark, Souter e Schlaegel	Valentini e Cao
a1	0,065	0,9311	0,859	0,9583	
a2	0,57966	0,3524			
b1	-2,02825	0,0000391	2,601	46,2569	0,04024
b2	0,77584	0,4663	-1,679	4,6784	2,14789
b3	117,47023	224,8	-597,805	0,5734	-1,63218
b4	-0,54859	-0,6713	231,9	511,8066	6,2766
b5				7,8782	0,43083
b6					1,01339
EPR (%)	5,85	5,99	7,23	5,28	8,00
CDA	0,9822	0,9813	0,9783	0,9855	0,9667
CIA	753,37	761,93	902,77	665,38	980,65

Andrade (2014), utilizando os modelos de Clark, Souter e Schlaegel (1991) e Max e Burkhardt (1976) em *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* no nordeste da Bahia, com idade de 5 a 7 anos, obteve para o modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991), EPR de 4,4% e para Max e Burkhardt (1976), apresentou EPR de 4,8%. No trabalho de Souza *et al.* (2008), utilizando-se os modelos de Max e Burkhardt (1976) e Parresol, Hotvedt e Cao (1987) em *Eucalyptus* sp na Bahia, com idade de 16 anos, apresentou para Max e Burkhardt (1976), EPR de 6,0% e CDA de 0,998 e, para Parresol, Hotvedt e Cao (1987), EPR de 20,5% e CDA de 0,657. Já Muller *et al.* (2014), trabalhando com Eucalipto de 10 anos em Minas Gerais, obteve-se, para o modelo de Max e Burkhardt (1976), um EPR de 2,11 cm e CDA de 0,970 e, para Parresol, Hotvedt e Cao (1987), apresentou EPR de 2,14 cm e CDA de 0,970. Comparando os resultados obtidos nas literaturas citadas, nota-se que os resultados obtidos neste estudo estão dentro da amplitude encontrada na literatura, sendo que o modelo de Parresol, Hotvedt e Cao (1987) apresentou melhores resultados.

**Figura 1.** Distribuição de resíduos de cinco modelos segmentados de taper para o clone GG100



Aplicando as equações de taper segmentado, obtidas a partir dos dados de 34 árvores, nos dados independentes de 20 árvores do clone GG100, na Tabela 2, são apresentados os resultados dos critérios estatísticos utilizados na validação dos modelos. Analisando-se individualmente cada estatística para cada modelo, nota-se que os melhores resultados foram para o Cao, sendo superior nas estatísticas de Ryy, PVE, DM e Bias, porém, na estatística de RQEM, o melhor resultado foi para o Max e Burkhart (1976), sendo assim, o modelo de Cao, Burkhart e Max (1980) obteve um menor total com 11,20%, em seguida foi Max e Burkhart (1976), com total igual a 13,37%, o pior total apresentado foi para Clark, Souter e Schlaegel (1991), com 30,17% (Tabela 2).

**Tabela 2.** Critérios estatísticos aplicados em dados independentes de 20 árvores do clone GG100 no Tocantins

Modelos	RQEM%	Ryy%	PVE%	DM%	Bias%	Total%
Max e Burkhart	6,02	99,24	98,19	2,90	1,88	13,37
Cao, Burkhart e Max	6,21	99,24	98,07	1,59	0,72	11,20
Parresol, Hotvedt e Cao	8,79	98,81	96,14	5,70	2,57	22,12
Clark, Souter e Schlaegel	10,06	98,19	94,95	8,21	5,04	30,17
Valentini e Cao	8,37	98,55	96,50	5,61	3,28	22,21

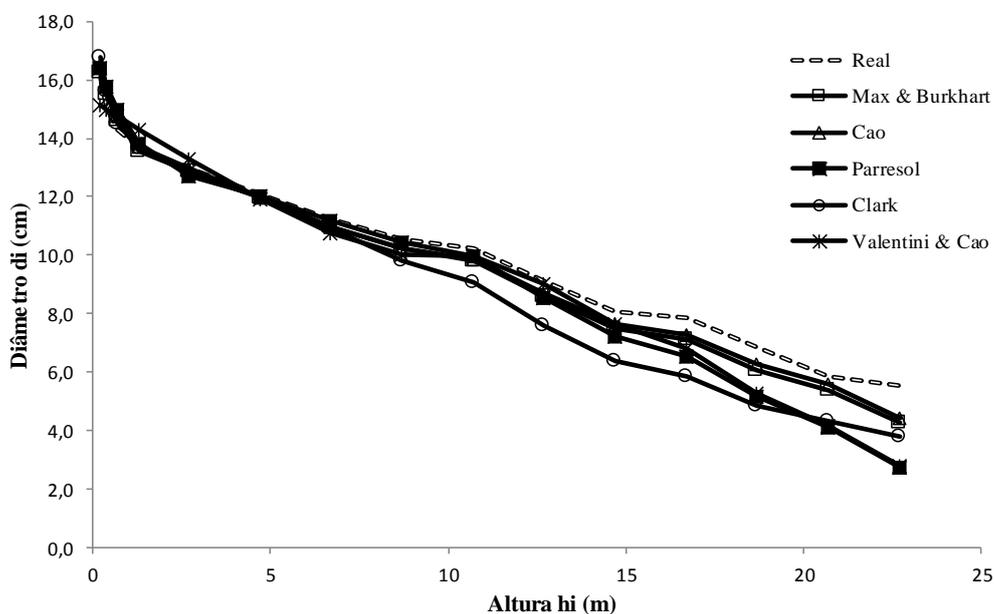
Analisando o perfil médio real e o predito, nota-se que os perfis com maior similaridade com o real (Figura 2) são Cao, Burkhart e Max (1980) e Max e Burkhart (1976), porém ambos se distanciam do real a partir da altura 13 m. Tais modelos, em

média, subestimam esses diâmetros de 13 m de altura sem prejudicar a predição dos diâmetros.

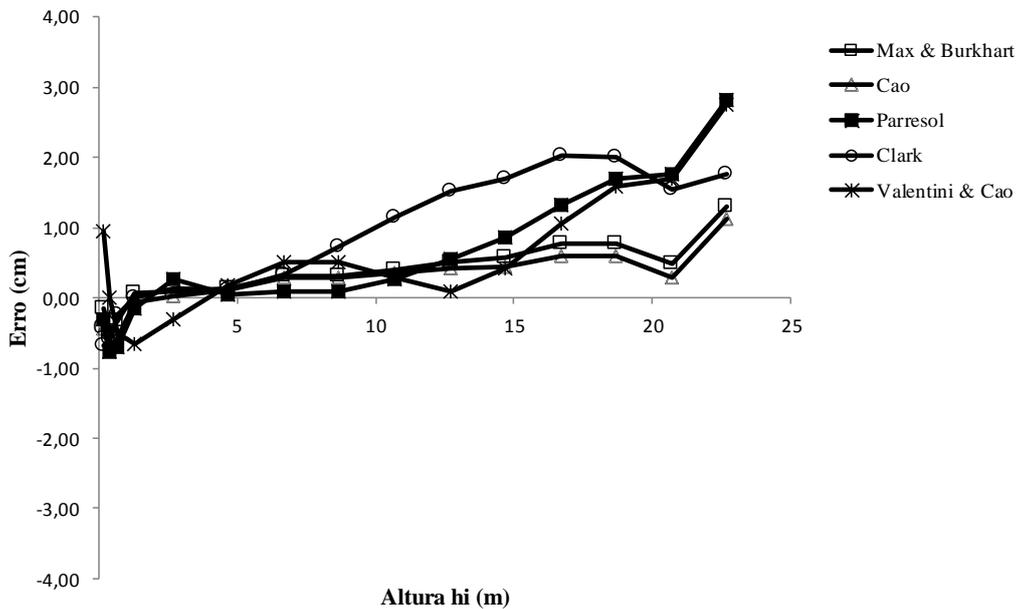
Quanto ao modelo Clark, Souter e Schlaegel (1991), em média, este se mostra similar ao perfil real até altura de 8 m. Após esse limite, o modelo descreve o perfil do fuste com uma queda expressivamente diferente do perfil médio do tronco. Já os modelos de Parresol, Hotvedt e Cao (1987) e de Valentini e Cao (1986), em média, acompanham a descrição do tronco conforme descrito pelos modelos de Cao, Burkhart e Max (1980) e de Max e Burkhart (1976), mas, a partir da altura de 16 m, estes têm uma queda abrupta e diferente na representação média do perfil do tronco.

Como os modelos de Cao, Burkhart e Max (1980) e de Max e Burkhart (1976) melhor descreveram o perfil do tronco, então, para melhor visualização dessa superioridade, analisou-se o viés médio de todos os modelos (Figura 3). Nota-se que os modelos de Cao, Burkhart e Max (1980) e de Max e Burkhart (1976), em média, são bem similares na descrição do perfil médio com leve superioridade do modelo de Cao, Burkhart e Max (1980). Ambos os modelos resultaram em um viés médio mais próximo da reta de 0 cm, sendo melhor para o modelo de Cao, Burkhart e Max (1980). Os demais modelos foram, expressivamente, piores, principalmente o modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991). Portanto, para descrever o perfil do tronco do clone GG100 no Tocantins, são recomendados os modelos de Cao, Burkhart e Max (1980) e de Max e Burkhart (1976).

**Figura 2.** Perfis médios observados e preditos pelas equações de taper para o clone GG100 no Tocantins



**Figura 3.** Tendência de erro médio ao longo do tronco de diferentes modelos segmentados para o clone GG100 no Tocantins



## Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, para as condições em que foi desenvolvido este estudo, conclui-se que o modelo que gera a melhor equação de taper para predição do perfil do tronco do clone GG100 no Tocantins é o modelo segmentado de Cao, Burkhart e Max (1980), seguido do modelo de Max e Burkhart (1976). O modelo de Clark, Souter e Schlaegel (1991) foi o que apresentou os piores resultados, sendo que os modelos de Parresol, Hotvedt e Cao (1987) e de Valentini e Cao (1986) apresentaram péssima descrição do perfil do fuste a partir de 16 m, aproximadamente.

## Referências

ANDRADE, V. C. L.; SOUZA, A. L.; AMARO, M. A.; COSTA, W. S.; SOARES, C. P. B. Perfil do fuste de *Anadenanthera peregrina* descrito pelo método da altura relativa. *Ciência Florestal*, v.26, n.3, p.875-887, 2016.

ANDRADE, V. C. L. Modelos de taper do tipo expoente-forma para descrever o perfil do fuste de árvores. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.34, p.271-283, 2014.

ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; ACERBI JUNIOR, F. W.; OLIVEIRA, A. D. Comparação de modelos polinomiais segmentados e não-segmentados na estimativa de diâmetros e volumes ao longo do fuste de *Pinus taeda*. *CERNE*, v.7, n.1, p.20-40, 2001.

BI, H. Trigonometric variable-form taper equations for Australian Eucalyptus. *Forest Science*, v.46, n.3, p.397-407, 2000.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 4. ed. Viçosa: UFV, 2013. 605p.

CAO, Q. V.; BURKHART, H. E.; MAX, T. A. Evaluating of two methods for cubicvolume prediction of Loblolly Pine to any merchantable limit. *Forest Science*, v.26, n.1, p.71-80, 1980.

CLARK, A.; SOUTER, R. A.; SCHLAEGEL, B. E. *Stem profile equations for Southern tree species*. Asheville: Southeastern Forest Experiment Station, 1991. 113 p.

COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; HESS, A. F. Função de afilamento e sortimentos de madeira para *Araucaria angustifolia*. *Ciência Florestal*, v.26, p.523-533, 2016.

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, p.389-399, 2012a.

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*, v.32, p.373-387, 2012b.

FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus Taeda* plantations in Southern Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.83, n.1, p.39-46, 1996.

FIGUEIREDO E. O.; SCOLFORO J. R. S.; OLIVEIRA A. D. Seleção de modelos polinomiais para representar o perfil e volume do fuste de *Tectona grandis* L. f. *Acta Amazônica*, v.36, p.465-482. 2006.

GROSENBAUGH, L. R. Tree form: definition, interpolation, extrapolation. *The Forestry Chronicle*, v.42, n.4, p.444-457, 1966.

HORLE, D. C.; MENDONÇA, A. R.; CARVALHO, S. P. C.; CALEGARIO, N. Modelagem não linear do perfil longitudinal de fustes de *Pinus oocarpa*. *CERNE*, v.16, p.177-184, 2010.

IBÁ – Instituto Brasileiro de Árvores. *Relatório ibá 2016 ano base 2015*. Disponível em: <[http://www.iba.org/images/shared/iba\\_2016.pdf](http://www.iba.org/images/shared/iba_2016.pdf)>. Acesso em: 23/08/2017.

LANSSANOVA, L. R.; UBIALLI, J. A.; ARCE, J. E.; PELISSARI, A. L.; FAVALESSA, C. M. C.; DRESCHER, R. Avaliação de funções de afilamento para a estimativa de diâmetro de espécies florestais comerciais do bioma amazônico mato-grossense. *Floresta*, v.43, p.215-224, 2013.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. *Revista Árvore*, v.26, n.3, p.321-328, 2002.

MAX, T. A.; BURKHART, H. E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science*, v.22, n.3 p.283-289, 1976.

MEDEIROS, B. L. M. A.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; RIBEIRO, M. X.; LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, I. L.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. *Nativa*, v.4, n.6, p.403-407, 2016.

MULLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e taper para eucalipto e acacia estabelecidos em sistema silvipastoril. *Floresta*, v.44, p.473-484, 2014.

NOVO, N.; ROJO, A.; ÁLVAREZ, J. G. Funciones de perfil del tronco y tarifas de cubicación com clasificación de produtos para *Pinus sylvestris* L. em Galicia. *Investigación agrarian: Sistemas y recursos forestales*, v.12, n.1, p.123-136, 2003.

PARRESOL, B. R.; HOTVEDT, J. E.; CAO, Q. V. A Volume and taper prediction system for bald cypress. *Canadian Journal of Forest Research*, v.17, n.3, p.250-259, 1987.

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

RODRIGUEZ, F.; MOLINA, C. Análisis de modelos de perfil del fuste y estudio de la cilindricidad para três colnes de chopo (*Populos x euramericana*) em Navarra. *Investigación agrarian: Sistemas y recursos forestales*, v.12, n.3, p.73-85, 2003.

SCOLFORO, J. R. S.; RIOS, M. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus elliottii*. *CERNE*, v.4, n.1, p.100-122, 1998.

SCHRÖDER, T.; COSTA, E. A.; VALERIO, A. F.; LISBOA, G. S. Taper Equations for *Pinus elliottii* Engelm. in Southern Paraná, Brazil. *Forest Science*, v.61, p.311-319, 2015.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. *Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial*. 6. ed. 80p. 2012.

SOARES, C. P. B; PAULA NETO, F, SOUZA, A. L. *Dendrometria e Inventário Florestal*. Viçosa, MG: UFV, 45 p., 2006.

SOUZA, C. A. M.; SILVA, G. F.; XAVIER, A. C.; MEDONCA, A. R.; ALMEIDA, A. Q. Avaliação de modelos de afileamento não-segmentados na estimação da altura e volume comercial de *Eucalyptus sp.* *Ciência Florestal*, v.18, p.393-405, 2008.

SOUZA, C. A. M.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; MULLER, I. Modelos de afileamento para *Pinus taeda* L. baseados em pontos de mudança de forma. *Ciência Florestal*, v.26, n.4, p.1239-1246, 2016.

VALENTINI, M. A.; CAO, Q. V. Use of crown ratio to improve loblolly pine taper equations. *Canadian Journal of Forest Research*, v.16, p.1141-1145, 1986.

TÉO S. J.; MARCON, A.; EHLERS, T.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; COSTA, R. H. Modelos de afileamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de Caçador, SC. *Floresta*, v.43, p.439-452, 2013.