



## CONSIDERAÇÕES SOBRE MODELOS DE TAPER NO BRASIL

ANDRADE, Valdir Carlos Lima de<sup>1</sup>; GAMA, Rafaella da Costa<sup>2</sup>; TERRA, David Lucas  
Camargo Vieira<sup>3</sup>

**RESUMO** (CONSIDERAÇÕES SOBRE MODELOS DE TAPER NO BRASIL) – Os objetivos deste artigo de revisão, quanto ao uso de modelos de taper no Brasil, foram: procedimentos e critérios estatísticos mais empregados no ajuste, tipos de povoamento estudados, modelos mais utilizados, assim como o cenário geográfico dos estudos brasileiros. Os gêneros mais estudados são *Eucalyptus* e *Pinus*. Quanto à fonte de dados, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul são os estados que mais os disponibilizam. A cubagem relativa é a mais utilizada com 58,3% dos trabalhos. Os modelos de Schöepfer e de Hradetzky são os mais usuais, onde os critérios estatísticos mais utilizados são: coeficiente de determinação, erro padrão e gráficos residuais.

**Palavras chave:** Cubagem, *Eucalyptus*, Funções de filamentos, *Pinus*.

**ABSTRACT** (CONSIDERATIONS ON TAPER MODELS IN BRAZIL) – The objectives of this review article, regarding the use of taper models in Brazil, were: procedures and statistical criteria most used in the adjustment, types of population studied, most used models, as well as the geographic scenario of Brazilian studies. The most studied genera are *Eucalyptus* and *Pinus*. As for the data source, Paraná, São Paulo and Rio Grande do Sul are the states that make them the most available. The relative cube is the most used with 58.3% of the works. The Schöepfer and Hradetzky models are the most common, where the most commonly used statistical criteria are coefficient of determination, standard error and residual graphs.

**Keywords:** Cubed, *Eucalyptus*, tapering functions, *Pinus*.

---

<sup>1</sup> Docente do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Gurupi/TO – Brasil, E-mail: vclandrade@uft.edu.br.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins - UFT, Gurupi/TO – Brasil, Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais.

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Gurupi/TO – Brasil, Mestre em Ciências Florestais e Ambientais, E-mail: davidlcvt7@hotmail.com



## 1. INTRODUÇÃO

Para Leite et al. (2006), devido a grande diversificação de produtos florestais e o mercado cada vez mais exigente, principalmente, quanto a qualidade dos produtos florestais, é fundamental utilizar técnicas de quantificação e qualificação desses produtos nos povoamentos florestais, entre as quais, estão os modelos de taper que possibilitam determinar o volume de madeira para qualquer diâmetro ou altura especificados.

Os modelos de taper são relações funcionais que descrevem o perfil longitudinal do fuste de árvores. São funções consideradas dinâmicas, porque possibilitam obter o diâmetro para qualquer altura do tronco e a altura relativa a um diâmetro mínimo resultando no sortimento da madeira disponível. Segundo Ahrens (1982), Husch et al. (1993), Figueiredo-Filho et al. (1996), Schneider et al. (1996), Fischer et al. (2001), Chichorro et al. (2003), Andrade et. al. (2006), Leite et al. (2006) e Queiroz et al. (2006), o taper é o decréscimo natural do diâmetro ao

longo do tronco e tem efeito direto no volume das árvores, sendo o seu conhecimento de fundamental importância em inventários florestais para quantificar multiprodutos da madeira.

Equações de taper são geradas a partir da análise de regressão em dados de cubagem rigorosa, geralmente, obtidos em algumas árvores-amostra abatidas. São empregados modelos estatísticos adequados à caracterização da variação de diâmetros do tronco em toda a sua extensão no sentido base-topo, denominados modelos de taper, afilamento, adelgaçamento, perfil, ou, de forma do tronco. Desta caracterização, é possível identificar, facilmente, produtos madeireiros de acordo com informações pré-estabelecidas de diâmetros comerciais e comprimentos de toragens desejados (ANDRADE, 2014).

Considerando o exposto, os objetivos deste trabalho de revisão foram: identificar os procedimentos e critérios estatísticos mais usuais para o ajuste de modelos de taper, os tipos de povoamento estudados, os modelos mais utilizados, valor médio das estatísticas, assim como o

cenário geográfico dos estudos dessa importante área da mensuração florestal brasileira.

## 2. DESENVOLVIMENTO

O trabalho consistiu de uma revisão bibliográfica baseada em vários artigos científicos sobre taper publicados até o ano de 2018 em periódicos da área florestal brasileira (Tabela 1). Os artigos foram selecionados de forma aleatória através do mecanismo de busca “Google Acadêmico”. As palavras chaves principais utilizadas foram: modelos de taper; funções de afilamento; perfil do tronco; forma do tronco. Além desse mecanismo, também foi feita a utilização das referências destacadas nos artigos encontrados. Também, os dados coletados através dos periódicos, foram: ano, espécie, estado,

região, critérios estatísticos utilizados, modelos utilizados, melhor modelo e método de cubagem rigorosa.

Pode-se notar com base nos 65 artigos da revisão bibliográfica realizada (Tabela 1), que a Revista *Árvore* e a *Pesquisa Florestal Brasileira (PFB)* são os periódicos que mais publicam trabalhos sobre o assunto, com 15,4% e 13,8% do total, respectivamente, e a *Revista Floresta*, com 12,3%, ocupa o terceiro lugar (CAMPOS; RIBEIRO, 1982; JORGE, 1984; GUIMARÃES; LEITE, 1992; MACHADO et al., 2004; QUEIROZ et al., 2006; MIGUEL et al., 2011; FAVALESSA et al., 2012; ANDRADE, 2014; LANSSANOVA et al., 2013; SCHIKOWSKI; CORTE; SANQUETTA, 2015; DOBNER JÚNIOR et al., 2017; SOUZA et al., 2018).

Tabela 1. Porcentagem de trabalhos sobre taper nos principais periódicos científicos da área florestal no Brasil.

REVISTA	QUANT.	%
Revista <i>Árvore</i>	10	15,4
<i>Pesquisa Florestal Brasileira</i>	9	13,8
<i>Revista Floresta</i>	8	12,3
<i>Revista Cerne</i>	7	10,8
<i>Ciência Florestal</i>	7	10,8
<i>Scientia Forestalis</i>	7	10,8
<i>Floram</i>	3	4,6
Outras	14	21,5
Total	65	100

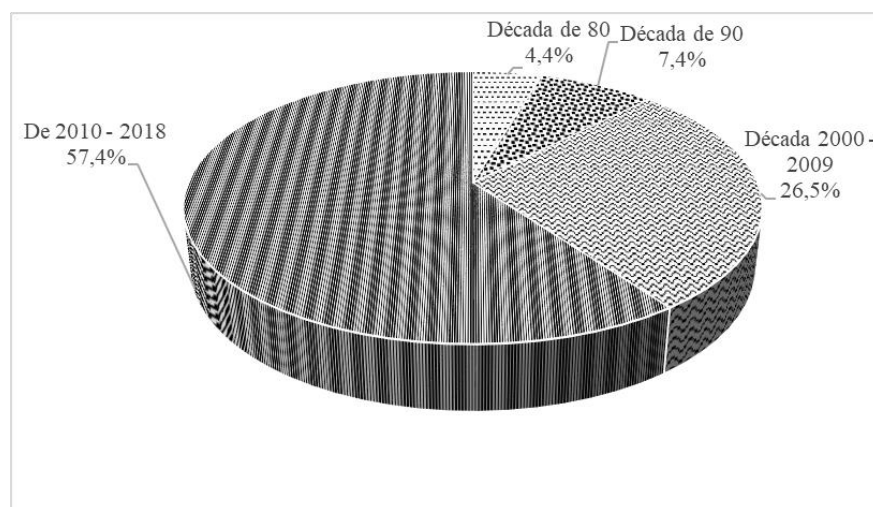


Figura 1. Porcentagem dos artigos científicos sobre equação volumétrica realizados por década em povoamentos florestais brasileiros.

Nesta revisão bibliográfica, os artigos publicados nas décadas de 1980, 1990, 2000 a 2009 e de 2010 a 2018, corresponderam a 4,4%, 7,4%, 26,5% e 57,4%, respectivamente (Figura 1). Portanto, a maior parte dos estudos sobre *taper* no Brasil encontram-se concentrados nos últimos 18 anos, com um total de 83,9%.

### 2.1 Histórico dos modelos de taper

Hojer (1903), citado por Behre (1923), foi o primeiro a descrever a forma do fuste. No entanto, conforme Ahrens e Holbert (1981), Johson (1911) verificaram que o modelo de Höjer era adequado somente para povoamentos estabelecidos com semente local e sugeriu uma alteração no modelo original introduzindo uma "constante biológica". Seguindo esta mesma direção, Behre (1923) desenvolveu

um modelo que tem a forma de uma hipérbole, que é o seguinte:

$$\left(\frac{d}{D}\right) = \beta_0 \ln\left(\frac{\beta_1 + Z - 2,5}{\beta_1}\right) + \varepsilon$$

Em que:  $d$ =diâmetro na altura  $h$ (cm),  $D$ =DAP(cm),  $\ln$ =logaritmo neperiano,  $z = \left(\frac{h}{H}\right)$ ,  $\beta_0 \beta_1$  =parâmetros da regressão à serem estimados,  $\varepsilon$  = erro aleatório do modelo.

Segundo Ahrens e Holbert (1981), devido a grande importância na quantificação do volume de diversos produtos da madeira, muitos estudos sobre taper foram conduzidos. Conforme Andrade (2014), no Brasil os trabalhos sobre taper até a década de 1980 deram maior enfoque aos modelos de Schoepfer (1966), Kozak et al. (1969), Demaerschalk (1971) e Ormerod (1973). Dentre os

trabalhos, podem-se citar os de: Campos; Ribeiro (1982), Silva (1982), Friedl (1989) e McTague et al. (1989).

Segundo o mesmo autor, a partir da década de 1990 até os dias atuais se intensificaram os estudos sobre taper em florestas brasileiras, cabendo citar: Figueiredo-Filho et al. (1996), Schneider et al. (1996), Fischer et al. (2001), Assis et al. (2001), Chichorro et al. (2003), Leite et al. (2006), Mendonça et al. (2007), Souza et al. (2008a), Silva et al. (2011), Soares et al. (2011), Favalessa et al. (2012) e Lansanova et al. (2013). Nestes trabalhos, além dos modelos citados anteriormente, há destaques aos modelos de Goulding; Murray (1976), Hradetzky (1976), Max; Burkhart (1976), Garay (1979), Baldwin Jr.; Feduccia (1991) e Clark et al. (1991).

## **2.2 Povoamento florestal estudado**

Conforme se nota na figura 2, a maior parcela de trabalhos sobre taper no

Brasil foi referente ao pinus com 35,4%, e a maior participação, dentro do gênero, foi da espécie *Pinus taeda* (47,8%). O eucalipto também apresentou uma parcela significativa dos trabalhos, com 33,8%, a espécie mais estudada foi *Eucalyptus urophylla* (22,7%).

Estudos conduzidos em florestas nativas do Brasil com as espécies: *Virola surinamensis*, *Mimosa scabrella*, *Anadenanthera colubrina*, *Eremanthus incanus*, *Goupia glabra*, *Qualea albiflora*, *Trattinnickia burseraefolia*, *Erisma uncinatam* e *Mezilaurus itauba* representam 12,3%.

Plantações de exóticas: *Tectona grandis*, *Cryptomeria japonica* e *Cunninghamia lanceolata* estão em 10,8% dos estudos. Por fim, as plantações de nativas: *Araucaria angustifolia* e *Mimosa scabrella* apresentaram um percentual de 7,7% dos trabalhos consultados.

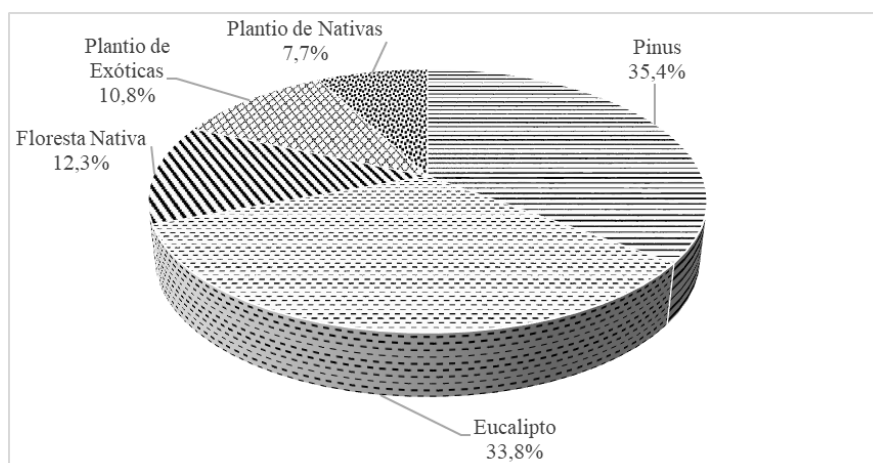


Figura 2. Percentagem dos tipos de povoamentos florestais brasileiros onde se realizaram estudos sobre taper.

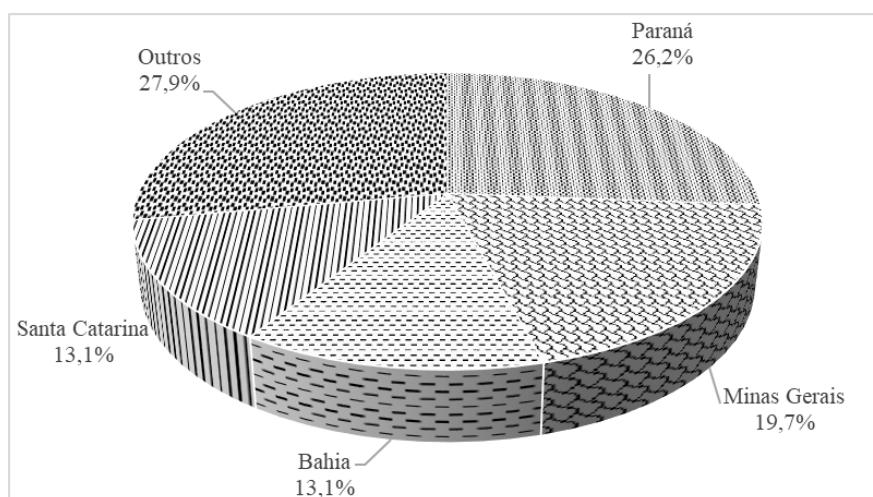


Figura 3. Distribuição percentual da fonte de dados dos artigos científicos sobre taper por estado brasileiro.

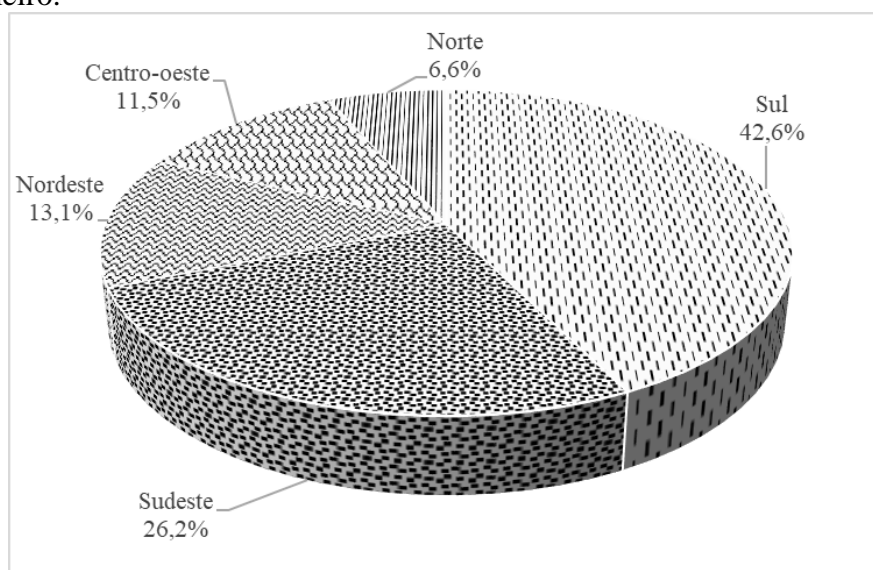


Figura 4. Distribuição percentual dos artigos científicos sobre taper por região brasileira.



### **2.3 Estado da federação e região da fonte de dados**

Com relação à fonte de dados dos artigos científicos (Figura 3), 72,1% estão concentrados em 4 estados brasileiros, quais sejam: Paraná, Minas Gerais, Bahia e Santa Catarina. Outros 8 estados brasileiros, detêm 27,9% de participação representados por: Mato Grosso, São Paulo, Goiás, Rio Grande do Sul, Tocantins, Acre, Espírito Santo e Pará. Neste tocante, agregado a essa informação, a visão percentual por região do Brasil evidencia uma participação majoritária de 68,8% das regiões Sul e Sudeste (Figura 4).

### **2.4 Cubagem relativa e absoluta e número de árvores-amostra**

Os dados para o estudo de modelos de taper são oriundos de uma cubagem de árvores que pode ser através de uma cubagem relativa e/ou absoluta. A cubagem absoluta consiste na medição de diâmetros à alturas (m) pré-estabelecidas, até atingir a altura total. Esse método foi utilizado em 49,2% dos trabalhos analisados, cabendo citar: Schneider et al.

(1996), Machado et al. (2004), Figueiredo et al. (2006), Carvalho et al. (2010), Miguel et al. (2011), Favalessa et al. (2012), Môra et al. (2014), Azevedo et al. (2017) e Terra et al. (2018).

Já a cubagem relativa, utilizada em 32,3% dos trabalhos, consiste na medição de diâmetros à alturas relativas (%) do tronco, como pode ser visto em: Jorge (1984); Figueiredo Filho, Borders e Hitch (1996); Assis et al. (2002); Mendonça et al. (2007); Souza et al. (2008a); Kohler et al. (2013); Schikowski Corte e Sanquetta, (2015); Costa et al. (2016). Alguns autores, ainda, utilizaram os dois métodos simultaneamente como Figueiredo Filho et al. (2014) e Kohler et al. (2013) que realizaram medições diamétrica nas alturas absolutas de 0,1 e 1,3 m e relativas de 15%, 25%, ..., 95% da altura total da árvore.

O número de árvores-amostra cubadas está relacionado à variabilidade do povoamento e da precisão desejada nas estimativas do taper. Pode-se verificar que o número de árvores-amostra para eucalipto resultou, média, de 66 árvores e, para pinus, este valor foi de 128 árvores

como pode ser visto em: Assis et al. (2002), Soares, Leite e Vale (2004), Souza et al. (2008b); Horle et al. (2010), Téó et al. (2013), Campos et al. (2014), Schikowski Corte e Sanquetta (2015), Lustosa Junior et al. (2017) e Stepka et al. (2017).

Pode-se observar que em 53,9% dos artigos analisados a fórmula utilizada para cubagem rigorosa foi a de Smalian (CHICHORRO; RESENDE; LEITE, 2003; TÉO et al., 2013; SOUZA et al., 2016; DOBNER JUNIOR et al., 2017) enquanto a de Huber foi usada em 3,1% dos artigos (FAVALESSA et al., 2012; TERRA et al., 2018), os demais 43% não informaram a metodologia para obtenção do volume (SCOLFORO et al., 1998; QUEIROZ et

al., 2006; FIGUEIREDO FILHO, 2014; MARTINS et al., 2017).

## 2.5 Modelos de taper avaliados

Dentre os artigos analisados, notou-se que foram usados 47 modelos diferentes onde os mais usuais foram, principalmente, o polinômio de 5º (SCHÖEPFER, 1966) presente em 55,4% dos artigos consultados, de Hradetzky (1976) em 41,5% e Kozak et al. (1969) em 38,5%. Outros 3 modelos, também apresentaram significativa frequência, que são: Demaerchalk (1972), Garay (1979) e Ormerod (1973) com 30,8%, 21,5% e 20%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos de taper mais usuais em povoamentos florestais brasileiros.

Md*	Autores	Modelo
1	Schöepfer (1966)	$\left(\frac{d}{D}\right) = [\beta_0 + \beta_1(z) + \beta_2(z)^2 + \beta_3(z)^3 + \beta_4(z)^4 + \beta_5(z)^5] + \varepsilon$
2	Hradetzky (1976)	$\left(\frac{d}{D}\right) = \beta_0 + \beta_1(z)^{p_1} + \beta_2(z)^{p_2} + \dots + \beta_n(z)^{p_n} + \varepsilon$
3	Kozak et al. (1969)	$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1(z) + \beta_2(z)^2 + \varepsilon$
4	Demaerchalk (1972)	$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = (10)^{2\beta_0} (d)^{(2\beta_1-2)} (L)^{2\beta_2} (h)^{2\beta_3} + \varepsilon$
5	Garay (1979)	$\left(\frac{d}{D}\right) = \beta_0 \left(1 + \beta_1 \ln(1 - \beta_2 h^{\beta_3} H^{-\beta_3})\right) + \varepsilon$
6	Ormerod (1973)	$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = x^{2\beta_1} + \varepsilon$

em que: d=diâmetro na altura h(cm), D=DAP(cm), H=altura total(m), h=altura no tronco onde se mediu di(m),  $x = \left(\frac{H-h}{h-1,3}\right)$ ,  $L = H - h$ ,  $z = \left(\frac{h}{H}\right)$ ,  $\beta_i$  e p=parâmetros da regressão à serem estimados,  $\varepsilon$  = erro aleatório do modelo.\*Md=modelos



Conforme a literatura revisada, 24,6% dos artigos científicos tiveram o modelo de Hradetzky (1976) como sendo o de melhor ajuste, seguido de Schöepfer (1966) e Garay (1979) cada um com 9,2% (Leite et al., 2011; Favalessa et al., 2012; Yoshitani Junior, 2012; Kohler et al., 2013; David et al., 2014; Martins et al., 2017).

Os modelos de Kozak et al (1969), Demaerschalk (1972), Biging (1984), Max e Burkhart (1976), Clark et al (1991), Goulding e Murray (1976) entre outros também apresentam o melhor ajuste nos artigos analisados (FIGUEIREDO FILHO; BORDERS; HITCH, 1996; FIGUEIREDO et al., 2006; SOUZA et al., 2008b; SOARES et al., 2011; MÔRA et al., 2014; SCHRODER et al., 2015).

## 2.6 Critérios estatísticos de análise

O principal objetivo, de testar vários modelos estatísticos, é para definir o que melhor explica o evento estudado com baixa possibilidade de erro. Neste caso, os critérios estatísticos mais utilizados na avaliação de modelos de taper são, em geral, a análise de variância, o coeficiente de determinação, o erro padrão de estimativa, ambos em simultâneo com a análise da distribuição dos resíduos.

Neste caso o coeficiente de determinação ajustado (CDA) foi usado em 69,2% dos trabalhos; o erro padrão da

estimativa em porcentagem (EPR) em 52,3%, o erro padrão da estimativa absoluto em cm (EPRcm) em 10,7%, o EPR e EPRcm em 9,2% e a análise gráfica dos resíduos foi utilizada como critérios em 72,3% dos trabalhos.

Outros critérios estatísticos também foram encontrados com significativa frequência: desvio padrão das diferenças (30,8%), soma do quadrado dos resíduos (24,6%), coeficiente de correlação (21,5%), porcentagem dos resíduos (18,5%), *Bias* (18,5%) e raiz quadrada do erro médio (9,2%).

Diversos trabalhos sobre taper utilizaram esses critérios estatísticos como o Finger et al. (1995), que utilizaram o modelo de Kozak et al. (1969) para *Eucalyptus dunnii* no Rio Grande do Sul, e, obtiveram um valor de 0,957 para o CDA e 8,14% para EPR. Similarmente, Machado et al. (2004), testaram diferentes modelos de taper para plantios de pinus no município de Agudos, SP, e obtiveram um CDA de 0,978 e um EPR de 8,5%.

Pires e Calegario (2007), ajustaram modelos estocásticos lineares e não-lineares para a descrição do perfil longitudinal de eucalipto no Estado da Bahia e obtiveram um CDA entre 0,939 e 0,985. Já, Môra et al. (2014), estudaram diferentes formas de ajuste de funções de afilamento para o híbrido *Eucalyptus*

*urograndis* no Estado de Minas Gerais e obtiveram um CDA de 0,971 e EPR de 12,89%.

Kohler et al. (2013), trabalhando com 120 árvores cubadas de *Pinus taeda* em Santa Catarina tendo idades entre 11 a 23 anos, obtiveram como melhor modelo o de Hradetzky. Téó et al. (2013), que utilizaram 78 árvores de *Pinus elliottii* com idades de 10, 18 e 27 anos, na Região de Caçador-SC, selecionaram o modelo de Hradetzky com EPR de 6,06% e CDA de 0,987.

Lansanova et al. (2013), avaliaram funções de afilamento para a estimativa de diâmetro de espécies florestais comerciais do bioma amazônico mato-grossense e selecionaram o modelo de Demaerschalk (1972) com EPR de 8,48% e CDA de 0,922. Já Favalessa et al. (2012), ajustaram modelos polinomiais segmentados e não segmentados para um povoamento de *Tectona grandis* na região Centro-Sul de Mato Grosso, onde cubaram 114 árvores pelo método de Hohenadl e obtiveram um valor de 0,960 para o CDA e 8,52% para EPR.

Em geral, para todos os trabalhos de taper, quando analisado o modelo com melhor ajuste, a estatística CDA variou de 0,840 a 0,998 sendo, em média de 0,967 e o EPR variou de  $\pm 2,33\%$  a  $\pm 18,13\%$ , com média de  $\pm 7,45\%$ .

Ao analisar somente os trabalhos com eucalipto a estatística CDA variou de 0,959 a 0,998 sendo, em média de 0,982 e o EPR variou de  $\pm 4,00\%$  a  $\pm 10,59\%$  com média de  $\pm 6,10\%$ . Já para o gênero pinus a estatística o CDA variou de 0,840 a 0,998 com média de 0,976 e o EPR variou de  $\pm 2,44\%$  a  $\pm 18,13\%$  com média de  $\pm 7,77\%$ . Para florestas nativas, a estatística CDA variou de 0,847 a 0,980 com média igual a 0,923 e o EPR variou de  $\pm 6,80\%$  a  $\pm 12,35\%$  ( $\pm 10,02\%$ ).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação aos artigos sobre modelos de taper, a partir da década de 2000 houve um grande aumento nos estudos. As revistas *Árvore* e *PFB* apresentaram o maior número de trabalhos nesta área da mensuração florestal brasileira com, respectivamente, 14,7% e 13,2%.

Neste caso o pinus foi o mais estudado (35,4%) seguido pelo eucalipto (33,8%). Já, em relação à fonte de dados dos artigos científicos, os estudos sobre taper ocorreram em 12 estados da federação, e quatro estados se destacam: Paraná, Minas Gerais, Bahia e Santa Catarina, concentrando a maior parcela de trabalhos (72,1%).

A cubagem absoluta é a mais utilizada, 49,2% dos trabalhos. O número de árvores-amostra para eucalipto resultou, em média, de 66 árvores e, para pinus, este valor foi de 128 árvores. A fórmula mais utilizada para obtenção do volume individual das árvores-amostra foi Smalian (53,9%).

Foram usados 47 modelos de taper diferentes aonde os modelos mais usuais foram: Schöpfer (1966), Hradetzky (1976), Kozak et al. (1969), Demaerchalk (1972), Garay (1979) e Ormerod (1973), sendo que os de Schöpfer (1966), Hradetzky(1976) e Garay (1979) são os que obtém o melhor ajuste na maioria dos artigos.

Os critérios de ajuste mais utilizados foram coeficiente de determinação ajustado (69,2%) com média de 0,967, erro padrão da estimativa (52,3%) com média de  $\pm 7,45\%$  e análise gráfica dos resíduos (72,3%).

#### 4. REFERÊNCIAS

- AHRENS, S. Análise de componentes principais e a simulação da forma do tronco. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudos de volumetria de espécies florestais. 1982. Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, URPFCS, 1982, p. 77-92.
- AHRENS, S.; HOLBERT, D. Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.3, p.37-68, 1981.
- ANDRADE, V. C. L.; CALEGARIO, N.; SCOLFORO, J. R. S. Análise de algumas alternativas para obter o coeficiente angular da reta no método da altura relativa. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n. 3, p. 303-317, 2006.
- ANDRADE, V. C. L. Modelos de taper do tipo expoente-forma para descrever o perfil do fuste de árvores. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34, n.80, p.271-283, 2014.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; ACERBI JÚNIOR, 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**, Lavras, v.7, n.1, p.20-40, 2001.
- ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.89-107, 2002.
- AZEVEDO, G. B. de; AZEVEDO, G. T. de O. S.; CASTRO, R. V. de O.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; REZENDE, A. V. Bole profile of *Eucalyptus* under two conduction regimes in the southwest region of the Brazilian state Bahia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.41, n.2:e410211, 2017.
- BALDWIN JUNIOR, V. C.; FEDUCCIA, D. P. Compatible Tree-volume and upper-stem diameter equations for plantation Loblolly Pines in the West Gulf region. **Southern Journal Applied Forestry**, Oxford, v.15, n.2, p.92-97, 1991.

- BEHRE, C.E. Preliminary notes on studies of tree form. **Journal of Forestry**, Bethesda, n.21, p.507-11, 1923.
- 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, 1982.
- CAMPOS, B. P. F.; BINOTI, D. H. B.; SILVA, M. L. da; LEITE, H. G.; BINOTI, M. L. M. da S. Efeito do modelo de afilamento sobre a conversão de fustes de árvores em multiprodutos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.42, n.104, p.513-520, 2014.
- CARVALHO, S. de P. C. e; MENDONÇA, A. R. de; LIMA, M. P. de; CALEGARIO, N. Different strategies to estimate the commercial volume of *Anadenanthera colubrine* (Vell.) Brenan. **Cerne**, Lavras, v.16, n.3, p.399-406, 2010.
- CHICHORRO, J. F.; RESENDE, J. L. P.; LEITE, H. G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.799-809, 2003.
- CLARK, A.; SOUTER, R. A.; SCHLAEGEL, B. E. **Stem profile equations for Southern tree species**. Asheville: Southeastern Forest Experiment Station, 1991.
- 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**, Santa Maria, v.26, n.2, p.523-533, 2016.
- DAVID, H. C.; MARINHESKI FILHO, A.; PELISSARI, A. L.; PÉLLICO NETTO, S.; ARAÚJO, E. J. G. de; BAUM, L. Critérios de estratificação para o ajuste de funções de afilamento em fustes de pinus. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34, n.79, p.197-206, 2014.
- DEMAERSCHALK, J. P. **An integrated system for the estimation of tree taper and volume**. 1971. 57 f. (Mestrado) - University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. **Forest Science**, Lawrence, v.18, n.3, p.241-245, 1972.
- DOBNER JUNIOR, M.; TRAZZI, P. A.; MACHADO, S. A.; HIGA, A. R. Aspectos dendrométricos e silviculturais de um povoamento de *Cunninghamia lanceolata* no Sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v.47, n.1, p.01-09, 2017.
- FAVALESSA, C. M.; UBIALLI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Equações de sortimentos para *Tectona grandis* na região centro-sul de Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, n.72, p.389-399, 2012.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.83, n.1, p.39-46, 1996.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; KOHLER, S. V.; FELDE, J. L.; DIAS, A. N. Dinâmica do afilamento do troco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, Lavras, v.20, n.4, p.595-603, 2014.

- 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 Amazonica**, v.36, n.4, p.465-482, 2006.
- FINGER, C. A. G.; ZANON, M. L. B.; SCHNEIDER, P. R. KLEIN, J. E. M.; COELHO, M. C. B. Taper of *Eucalyptus dunnii* Maiden established in the central depression and southeast slope of the state of Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 399-403, 1995.
- FISCHER, F.; SCOLFORO, J. R.; ACERBI JUNIOR, F. W.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. Exatidão dos modelos polinomiais não-segmentados e das razões entre volumes para representar o perfil do tronco de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.167-188, 2001.
- FRIEDL, R. A. **Dinâmica e prognose da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 1989. 167 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- GARAY, L. **A taper model for entire stem profile including buttressing.** Seattle: Institute of Forest Products, College of Forest Resources, University of Washington, 1979. 64 p. (Tropical forest utilization system, 8. Contribution, 36).
- GOULDING, C. J.; MURRAY, J. C. Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. **New Zealand Journal of Forest Science**, Rotorua, v.5, n.3, p.313-322, 1976.
- 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, 1992.
- HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abrängerkeiten.** Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft Nr. 76, 1976.
- HORLE, D. C.; MENDONÇA, A. R. de; CARVALHO, S. de P. C.; CALEGARIO, N. Modelagem não linear do perfil longitudinal de fustes de *Pinus oocarpa*. **Cerne**, Lavras, v.16, n.2, p.177-184, 2010.
- HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEERS, T.W. **Forest mensuration.** 3.ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993. 402 p.
- JOHNSON, T. **Taxatariska undersökningar om skogsträdens form. Skogsvars förenings tidskriffl.** Häfte, Berlim, v.9, n.10, p.285-329, 1911.
- JORGE, L. A. B. Tabelas de sortimento para *Pinus elliotti* Engelm, na Floresta Nacional de Três Barras – SC. **Revista Floresta**, Curitiba, v.15, n.1, p.61-80, 1984.
- KOHLER, S. V.; KOEHLER, H. S.; FILHO, A. F. Modelos de afilamento para *Pinus taeda* por classes de idade. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.20, n.4, p.470-479, 2013.
- KOZAK, A.; MUNRO, D. P.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. **Forest Chronicle**, Toronto, v. 45, n. 4, p. 278–283, 1969.
- 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**, Curitiba, v.43, n.2, p.215 - 224, 2013.

- LEITE, H. G.; GAMA, J. R. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.99-106, 2006.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R. de; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M. de; BINOTI, M. L. M. da S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.39, n.89, p.53-59, 2011.
- LUSTOSA JÚNIOR, I. M.; LIMA, M. B. O.; NASCIMENTO, B. G.; MEIRA JÚNIOR, M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelos de afilamento e otimização de multiprodutos de um povoamento de *Eucalyptus* não desbastado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.4, Suplemento 1, p.59-65, 2017.
- MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIRO, D. J. Comparação de Modelos de Afilamento do Tronco para Diferentes Idades e Regimes de Desbaste em Plantações de *Pinus oocarpa* Schiede. Embrapa Florestas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.48, p.41-64, 2004.
- MARTINS, A. P. M.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; CORTE, A. P. D.; GORENSTEIN, M. R. Efeito da idade na forma do fuste de *Araucaria angustifolia* na região Centro-Sul do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.37, n.90, p.109-117, 2017.
- MAX, T. A.; BURKHART, H. E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Lawrence, v.22, n.3 p.283-289, 1976.
- McTAGUE, J. P.; BATISTA, J. L. F.; STEINER, L. H. Equações de volume total, volume comercial e forma de tronco para plantações de *Eucalyptus* nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. **Revista do IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.56-63, 1989.
- MENDONÇA, A. R. de; SILVA, G. F. da; OLIVEIRA, J. T. da S.; NOGUEIRA, G. S.; ASSIS, A. L. de. Avaliação de funções de afilamento visando a otimização de fustes de *Eucalyptus* sp. para multiprodutos. **Cerne**, Lavras, v.13, n.1, p.71-82, 2007.
- MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARCE, J. E. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Revista Floresta**, Curitiba, v.41, n.2, p.355-368, 2011.
- MÔRA, R. et al. Análise de diferentes formas de ajuste de funções de afilamento. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.42, n.102, p.237-249, 2014.
- ORMEROD, D. W. A simple bole model. **Forest Chronicle**, Toronto, v.49, n.3, p.136-138, 1973.
- PIRES, L. M.; CALEGÁRIO, N. Ajuste de modelos estocásticos lineares e não lineares para a descrição do perfil longitudinal de árvores. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.5, p.845 - 852, 2007.
- QUEIROZ, D. et al. Avaliação e validação de funções de afilamento para *Mimosa scabrella* Benthham em povoamentos da região metropolitana de Curitiba/PR. **Floresta**, Curitiba, v.36, n.2, 2006.

- SCHIKOWSKI, A. B.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Estudo da forma do fuste utilizando redes neurais artificiais e funções de afilamento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.35, n.82, p.119-127, 2015.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G., KLEIN, J. E. M. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden. para o Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p.85-91, 1996.
- SCHÖEPFER, W. **Autimatisierung des Massen, Sorten and Wertberechnung stenender Waaldbestande Schriftenreihe Bd.** [S.I.]: Wurttt-Forstl., 1966.
- SCHRODER, T.; COSTA, E. A.; VALÉRIO, A. F.; LISBOA, G. dos S. Taper equations for *Pinus elliotti* Engelm. in Southern Paraná, Brazil. **Forest Science**, Oxford, v.61, n.2, p.311-319, 2015.
- SCOLFORO, J. R. S.; RIOS, M. S.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de; MAESTRI, R. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus elliotti*. **Cerne**, Lavras, v.4, n.1, p.100-122, 1998.
- SILVA, J. A. Funções de forma dos troncos de *Pinus taeda*, *Picea excelsa*, *Abies alba* e *Pinus sylvestris*. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudos de volumetria de espécies florestais. 1982. Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. p.29-45.
- SILVA, F.; DALLA CORTE, A. P.; 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.
- SOARES, T. S.; LEITE, H. G.; VALE, A. B. do. Um modelo alternativo para a quantificação de multiprodutos em árvores individuais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.26, p.875-882, 2004.
- SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE-JR, H. U.; SILVA, G. F.; FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.5, p.1039-1051, 2011.
- SOUZA, C. A.; SILVA, G. F.; XAVIER, A. C.; MENDONÇA, A. R.; ALMEIDA, A. Q. Avaliação de modelos de afilamento não segmentados na estimação da altura e volume comercial de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.3, p.387-399, 2008.
- SOUZA, C. A. M. de; SILVA, G. F.; XAVIER, A. C.; CHICHORRO, J. F.; SOARES, C. P. B.; SOUZA, A. L. de. Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.3, p.453-463, 2008.
- SOUZA, G. S. A. de; COSENZA, D. N., ARAÚJO, A. C. da S. C.; PIMENTA, L. V. A.; SOUZA, R. B.; ALMEIDA, F. M.; LEITE, H. G. Evaluation of non-linear taper equations for predicting the diameter of *Eucalyptus* trees. **Revista Árvore**, Viçosa, v.42, n.1:e420102, 2018.

STEPKA, T. F.; ZENY JÚNIOR, G. A.; LISBOA, G. dos S.; CERQUEIRA, C. L.; PESCK, V. A.; ROIK, M. Modelos volumétricos e funções de afileamento para *Pinus taeda* L. na região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Espacios**, Caracas v.38, n.21, p.26-35, 2017.

TÉO, S. J.; MARCON, A.; EHLERS, T.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; COSTA, R. H. da. Modelos de afileamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de Caçador, SC. **Revista Floresta**, Curitiba, v.43, n.3, p.439-452, 2013.

TERRA, D. L. C. V.; ANDRADE, V. C. L. de; FREITAS, B. C. Identidade de modelos volumétrico e de afileamento para *Corymbia citriodora*. **Advances in Forestry Science**, Cuibá, v.5, n.1, p.269-274, 2018.

YOSHITANI JÚNIOR, M.; NAKAJIMA, N. Y.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. do A.; DRUSZCZ, HOSOKAWA, R. T.; MELLO, A. A. Funções de afileamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p.169-176, 2012.