



ARTIGO ORIGINAL

Gabriel Paes Marangon¹
Emanuel Arnoni Costa¹
Anna Paula Lora Zimmermann^{1*}
Paulo Renato Schneider¹
Emanuel Araújo Silva¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM,
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi,
97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

*Autor Correspondente:

E-mail: zimmermann-a@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Função probabilística
Afilamento do tronco
Produção florestal

KEYWORDS

Probabilistic function
Taper
Forest yield

Dinâmica da distribuição diamétrica e produção de eucalipto em diferentes idades e espaçamentos

Dynamic of diameter distribution and production of eucalyptus in different ages and spacing

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica e produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill em diferentes idades e espaçamentos. Os dados são provenientes de parcelas permanentes nas regiões Centro-Oriental Rio-Grandense e Metropolitana de Porto Alegre, RS. A função de Weibull com dois parâmetros foi usada para representar a dinâmica da distribuição diamétrica no tempo. Os parâmetros de forma e escala da função de Weibull foram reestimados em função de atributos do povoamento. O polinômio de quinto grau foi usado para descrever a forma do tronco, de acordo com os sortimentos de madeira. Os resultados permitem prognosticar a produção de eucalipto no tempo segundo os multiprodutos de madeira definidos, auxiliando as atividades de planejamento florestal em áreas de plantio da espécie.

ABSTRACT: The present study aimed to evaluate the dynamics of diameter distribution and yield of *Eucalyptus grandis* W. Hill at different ages and spacing. Data was obtained from permanent plot in the regions Center-East Rio Grandense and Metropolitan Porto Alegre, RS. Weibull function of two parameters was use to represent the dynamics of the diameter distribution in time. The shape and scale parameters of the Weibull function was reestimated in function of population attributes. The fifth polynomial was use to describe the tapering stem and classification by timber assortments. The results allow predicting the production of eucalyptus in time according to the multiproduct defined timber, aid the activities of forest planning in the planting areas of the species.

1 Introdução

O ajuste das funções de distribuição de probabilidade é uma ferramenta importante no manejo florestal de povoamentos equiâneos, principalmente na determinação de frequência de variáveis biométricas das árvores no tempo (Návar-Cháidez & Contreras-Aviña, 2000). Tais funções vêm sendo empregadas em análises estruturais de variáveis das florestas; prognose do volume por classe diamétrica (Abreu et al., 2002); frequência por distribuição diamétrica (Machado et al., 2009); avaliação biométrica e prognose da produção florestal (Miguel, 2009).

A função de Weibull, descrita primeiramente por Weibull (1951) e inserida no setor florestal por Bailey & Dell (1973), tem sido amplamente difundida, principalmente por apresentar superioridade em relação às demais devido a sua flexibilidade em relacionar as variáveis do povoamento (Campos & Turnbull, 1981). Para estimar os parâmetros da distribuição Weibull, alguns métodos têm sido desenvolvidos, com destaque aos estimadores de máxima verossimilhança (Cohen, 1965; Harter & Moore, 1965; Bailey, 1974; Belcher & Clutter, 1977; Cao, 2004; Carelli Neto, 2008).

Uma função de distribuição diamétrica por frequência, associada às funções de crescimento e de forma de tronco de uma espécie, permite otimizar a prognose de madeira, visando quantificar os múltiplos produtos a partir de dimensões preestabelecidas (Queiroz et al., 2007), simular o rendimento de toras e a renda (Schneider et al., 1996).

Modelos estatísticos que descrevem a forma do tronco das árvores são capazes de estimar três características básicas: o diâmetro em qualquer ponto do fuste, a altura no fuste em que se encontra um determinado diâmetro e o volume total ou entre dois pontos quaisquer no fuste (Prodan et al., 1997). Para esta finalidade, existem diversos modelos comumente usados no meio florestal, destacando-se os polinomiais (Shöepfer, 1966; Kozak et al., 1969), polinomiais segmentados (Max & Burkhart, 1976) e outros. No Brasil, alguns autores testaram o polinômio de quinto grau na estimativa de diâmetros relativos ao longo do fuste das árvores e obtiveram precisão satisfatória (Schneider et al., 1996; Figueiredo-Filho et al., 1996; Assis et al., 2002; Souza et al., 2012).

Diante disto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica e produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill em diferentes idades e espaçamentos no estado do Rio Grande do Sul.

2 Material e Métodos

Os povoamentos de *Eucalyptus grandis* W. Hill medidos estão localizados na região Centro-Oriental Rio-grandense, abrangendo cidades como Santa Cruz do Sul, Lageado, Estrela e Cachoeira do Sul; além da região Metropolitana de Porto Alegre, sendo os municípios de Montenegro, Gramado, Canela, Porto Alegre, Osório e Camaquã.

O clima das regiões estudadas, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, com temperatura anual média de 17,9 °C e a precipitação média anual de 1826,0 mm (Alvares et al., 2013). Os solos pertencem à unidade de mapeamento Rio Pardo, que são profundos, de coloração avermelhada em toda a extensão do perfil, argilosos, bem drenados e derivados de siltitos finos.

Os dados foram obtidos a partir da medição do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (h) de 1227 árvores em parcelas permanentes situadas em diferentes sítios e idades. Foi realizada também a cubagem de 104 árvores médias (médias por classe de DAP) dos povoamentos implantados com diferentes espaçamentos iniciais: 1,0 m × 1,5 m; 3,0 m × 1,7 m; 2,3 m × 2,3 m; 2,0 m × 2,0 m; e dentre outros. As características médias das árvores mensuradas nas parcelas permanentes são apresentadas na Tabela 1.

Para avaliar a dinâmica da distribuição diamétrica dos povoamentos no tempo, ajustou-se a função de Weibull com dois parâmetros devido à maior flexibilidade e eficiência já observada por outros autores (Campos & Leite, 2009) (Equação 1):

$$f(x) = \left(\frac{\beta h \cdot 100}{\sigma} \right) \left(\frac{x}{\sigma} \right)^{\beta-1} \cdot \exp \left(- \left(\frac{x}{\sigma} \right)^{\beta} \right) \quad (1)$$

sendo h a largura do intervalo de classe no histograma, σ o valor de escala, β a forma da distribuição de densidade de probabilidade ($\beta > 0$) na condição de $x \geq 0$, x a variável aleatória observada ($x > 0$) e $f(x)$ a probabilidade de frequência.

Com a estimativa dos parâmetros de escala (σ) e forma (β) por idade pela distribuição de Weibull de dois parâmetros, fez-se uma reestimativa destes coeficientes em função de atributos do povoamento considerando sua relação ecológica (Equações 2 e 3).

$$\sigma = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * (Nha)^2 + \beta_3 * \left(\frac{1}{I} \right) + \varepsilon \quad (2)$$

Tabela 1. Valores mínimo, médio, máximo e desvio-padrão das variáveis mensuradas em povoamentos adensados no tempo para *Eucalyptus grandis*.

Table 1. Minimum, mean and maximum values and standard deviation of the measured variables in densely populated stands for *Eucalyptus grandis*.

Variável	Mínimo	Média	Máximo	Desvio-Padrão
Idade (meses)	2,0	7,4	13,0	2,9
DAP (cm)	9,5	20,2	32,9	5,1
Altura (m)	11,0	26,5	39,7	6,2
Altura dominante (m)	13,3	30,2	42,9	6,4
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	6,6	26,5	55,8	8,4
Número de árvores (ha)	185,0	934,8	1975,0	463,8
Volume (m ³ .ha ⁻¹)	38,9	318,8	862,8	130,8

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 * \left(\frac{1}{G^2}\right)^{1/2} + \varepsilon \quad (3)$$

em que: σ = parâmetro de escala; β = parâmetro de forma; DAP = diâmetro médio aritmético na respectiva idade, em cm; N/ha = número de árvore por hectare; I = idade, em anos; G = área basal, em m²/ha.

Ainda foram ajustadas funções para estimativa de número de árvores e de altura total com os seguintes modelos (Equações 4 e 5):

$$\ln(Nha) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(I) + \beta_2 * \ln(DAP) + \varepsilon \quad (4)$$

$$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(I) + \beta_2 / DAP + \varepsilon \quad (5)$$

em que: N/ha = número de árvore por hectare; h = altura total, em m; I = idade, em anos; DAP = diâmetro médio por idade em cm; G = área basal, em m²/ha.

A partir dos dados de cubagem das árvores nas diferentes idades e espaçamentos, foi ajustado o polinômio de quinto grau para descrever a forma do tronco de eucalipto, pois este modelo é amplamente difundido para espécie apresentando estimativas satisfatórias e de fácil aplicabilidade na quantificação dos sortimentos de madeira (Schneider et al., 1996; Müller, 2004), que pode ser expresso por (Equação 6):

$$\left(\frac{di}{DAP}\right) = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{hi}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{hi}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{hi}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{hi}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{hi}{h}\right)^5 + \varepsilon \quad (6)$$

em que: d_i = diâmetros relativos na altura i , em centímetros; DAP = diâmetro à altura do peito, em centímetros; h_i = altura relativa na posição i , em metros; h = altura total da árvore, em metros; β_0 ... β_5 = parâmetros do modelo; ε = erro aleatório.

Com a integração da função do polinômio de quinto grau, é possível estimar volumes parciais e totais no fuste; sendo assim, foram definidos alguns sortimentos de madeira para a espécie: S1 = comprimento de 3,00 m e $d_i > = 33$ cm na ponta fina, S2 = comprimento de 2,65 m e d_i entre 23-33 cm na ponta fina, S3 = comprimento de 2,40 m e d_i entre 16-23 cm na ponta fina, S4 = comprimento de 1,5 m e d_i entre $> = 8$ -16 cm na

ponta fina, S5 = comprimento restante do fuste e $d_i < 8$ cm na ponta fina. Cabe destacar que os sortimentos podem ser alterados conforme os objetivos estabelecidos.

Todos os ajustes e estatísticas foram processados no Sistema de Análise Estatística – SAS V. 9.1 (SAS INSTITUTE, 2007). A PROC CAPABILITY foi usada para ajustar a distribuição de frequência de Weibull por classe diamétrica no tempo. As reestimativas dos coeficientes de forma e escala da distribuição de Weibull foram realizadas pela PROC STEPWISE. Os modelos ajustados para estimar o número de árvores, altura total e da função de afilamento foram obtidos por meio da PROC REG.

Para avaliar a performance do ajuste e precisão dos modelos, foram utilizadas as estatísticas do coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) e a análise gráfica dos resíduos.

3 Resultados e Discussão

Diante da melhor adequação a todo o conjunto de dados utilizado no estudo, além de sua maior flexibilidade, facilidade de ajuste e acurácia, a função de Weibull dois parâmetros foi então selecionada e teve seus parâmetros σ e β reestimados em função de variáveis dendrométricas médias obtidas por parcela, resultando nas Equações 2 e 3, respectivamente. As duas equações obtiveram bons ajustes com R^2 e Syx% de 0,999; 0,82 e 0,809; 6,22, respectivamente. As funções para estimativa de número de árvores e de altura total também obtiveram bons ajustes (Tabela 2).

O polinômio de quinto grau também foi a equação utilizada por Müller (2004) em estudo da forma de tronco para *Eucalyptus grandis* e Thomas (2013), que trabalhou com *Eucalyptus saligna*.

Na reestimativa dos parâmetros, foi utilizada a função de Weibull com as regressões aninhadas obtendo as distribuições de frequência por classe diamétrica e por conseguinte desenvolvimento real do povoamento, nas idades de 3, 7 e 13 anos (Figura 1).

Na Figura 1 encontrou-se a curva mais acentuada de frequência por classe diamétrica, simula um povoamento com 3 anos de idade, densidade de 1363 árvores/ha, área basal de 20,5 m².ha⁻¹ e altura dominante de 20,1 m. A curva intermediária de distribuição de frequência por classe diamétrica representa um povoamento com 7 anos de idade, densidade de 807 árvores/ha, área basal de 29,7 m².ha⁻¹ e altura dominante

Tabela 2. Parâmetros e critérios estatísticos das equações utilizadas na distribuição de frequência por idades, para os espaçamentos adensados da espécie *Eucalyptus grandis*.

Table 2. Parameters and statistical criteria of the equations used in the frequency distribution by age, for the denser spacing of the *Eucalyptus grandis* species.

Eq.	Variável	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	R^2	Syx%
2	σ	-76,4561	31,2893	0,0000019	15,4903			0,999	0,82
		<0,0001*	<0,0001	0,0100	<0,0001				
3	β	4,2298	130,6203					0,809	6,22
		0,0004	<0,0001						
4	$\ln(Nha)$	14,0344	0,6526	-2,8909				0,714	28,21
		<0,0001	<0,0001	<0,0001					
5	$\ln(h)$	3,5822	0,1633	-12,1629				0,928	6,30
		<0,0001	<0,0001	<0,0001					
6	(di/DAP)	1,1765	-2,6890	7,7361	-12,8493	9,1629	-2,5109	0,983	7,85
		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		

*Probabilidade do valor de t dos coeficientes de regressão estimados.

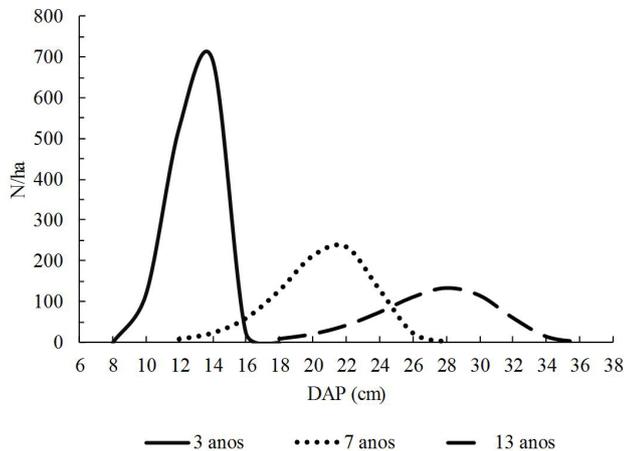


Figura 1. Prognose da distribuição de frequência da espécie *Eucalyptus grandis* por classe de diâmetro com os parâmetros da equação de Weibull estimados por regressão aninhada.

Figure 1. Prognosis of the frequency distribution of the *Eucalyptus grandis* species per diameter class with the parameters of the Weibull equation estimated by nested regression.

de 30,9 m. Já a terceira curva de distribuição de frequência por classe diamétrica demonstra um povoamento com 13 anos de idade, densidade de 567 árvores/ha, área basal de 32,5 m².ha⁻¹ e altura dominante de 35,1 m.

Fica evidente que, a partir do aumento da idade da população, ocorre o movimento das frequências com alteração referente às variáveis de densidade, diâmetro, altura dominante, área basal dentre outras. O nível desse crescimento poderá variar de acordo com a disponibilidade de água, espaçamento entre plantas, riqueza do solo, potencial genético das plantas, capacidade do sítio, etc.

Sobre isto, Schneider (2012) descreve que os fatores referentes às modificações na forma das curvas de distribuição diamétrica e aumento da amplitude diamétrica procedem do crescimento das árvores da população e da mortalidade natural, em função do autodesbaste e desbaste da população.

Por meio da integração do polinômio de quinto grau, foram gerados os volumes de todo o fuste ou de partes dele, de acordo com o diâmetro na ponta fina informado. Para um aproveitamento adequado das toras produzidas nos povoamentos, estas foram divididas em 4 sortimentos e resíduo, tendo cada um valor de mercado específico (Figura 2).

Na Figura 2 representa-se de forma mais clara a produção acumulada, além das migrações dos volumes e a contribuição de cada sortimento de acordo com as referidas classes diamétricas e idades 3, 7 e 13 anos do povoamento. Aos 7 anos, o S4 atinge seu máximo de produtividade volumétrica acumulada, e aos 13 anos o seu mínimo para as três idades analisadas, possivelmente devido às árvores desta idade apresentarem maiores volumes individuais e menor distribuição diamétrica para o S4.

O S3 apresentou aproveitamento apenas para as idades 7 e 13 anos e de forma gradativa, com migração de volumes ao passar do tempo: assim, a idade de 13 anos apresentou as maiores produtividades volumétricas. O S2 proporcionou

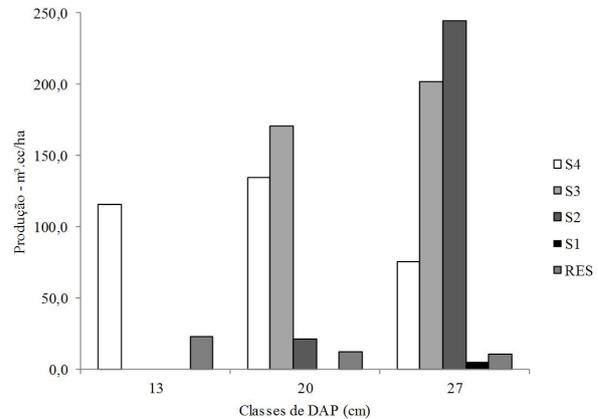


Figura 2. Representação da produtividade dos sortimentos S1 (> 30 cm); S2 (23-33 cm); S3 (16-23 cm); S4 (8-16 cm) e (< 8 cm) por classe diamétrica para a espécie *Eucalyptus grandis* em duas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Figure 2. Representation of the production of assortments S1 (> 30 cm); S2 (23-33 cm); S3 (16-23 cm); S4 (8-16 cm) and (< 8 cm) per diametric class for *Eucalyptus grandis* species in two mesoregions of the Rio Grande do Sul state.

pequeno aproveitamento para a idade de 7 anos, e o maior aproveitamento para a idade de 13 anos, fato correspondente ao sortimento em questão exigir diâmetros mínimos de 23 até no máximo 33 cm na ponta fina. Por fim, o S1 obteve pequena aplicação para a idade de 13 anos, haja vista o seu elevado diâmetro requerido e o RES apresenta-se de forma regular ao longo das idades, sendo proporcional ao nível de aproveitamento da árvore.

Observa-se ainda na Figura 2 apenas para a idade 13 anos que apresentou maior produtividade por hectare, a distribuição do volume nas seguintes classes de sortimento: S1 (> 30 cm) = 5,1 m³.ha⁻¹; S2 (23-33 cm) = 244,4 m³.ha⁻¹; S3 (16-23 cm) = 201,6 m³.ha⁻¹; S4 (8-16 cm) = 75,1 m³.ha⁻¹ e o volume das ponteiros ou resíduo (< 8 cm) = 10,4 m³.ha⁻¹. Assim, os maiores aproveitamentos aos 13 anos foram para os sortimentos S2 e S3 serraria (indústria de serrados) e processo (lenha ou celulose) respectivamente.

4 Conclusões

O ajuste da função de distribuição de probabilidade por frequência de Weibull com dois parâmetros mostrou flexibilidade e eficiência para descrever a dinâmica da distribuição diamétrica de eucalipto em diferentes idades e espaçamentos.

Com as equações ajustadas, é possível prognosticar a produção de eucaliptos no tempo e classificar segundo os multiprodutos de madeira estabelecidos, auxiliando as atividades de planejamento florestal em áreas com plantios da espécie.

A função de densidade probabilística de Weibull com 2 parâmetros representou o número de árvores por classe diamétrica por idade, juntamente com a reestimativa de seus parâmetros utilizados com precisão para prognosticar as probabilidades de frequência por classe diamétrica no desenvolvimento real do povoamento.

Referências

- ABREU, E. C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; KANEGAE JÚNIOR, H. Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. *Scientia Forestalis*, n. 61, p. 86-102, 2002.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 113, p. 407-427, 2013.
- 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*, v. 12, n. 1, p. 89-108, 2002.
- BAILEY, R. L. Computer programs for quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, v. 20, n. 3, p. 229-229, 1974.
- BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distribution with the Weibull-function. *Forest Science*, v. 19, p. 97-104, 1973.
- BELCHER, D. M.; CLUTTER, J. L. *Yield of slash pine plantations in the Georgia and North Florida coastal plain*. Athens: School of Forest Resources, 1977. 52 p. (Resources paper, v. 2, n. 1).
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. *Mensuração florestal: perguntas e respostas*. 3.ed. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2009. 548 p.
- CAMPOS, J. C. C.; TURNBULL, K. J. Um sistema para estimar produção por classe de diâmetro e sua aplicação na interpretação do efeito de desbaste. *Revista Árvore*, v. 5, n. 1, p. 1-16, 1981.
- CAO, Q. V. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science*, v. 50, n. 4, p. 682-685, 2004.
- CARELLI NETO, C. *Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de Pinus taeda L. em diferentes idades e espaçamentos*. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- COHEN, A. A. Maximum likelihood estimation in the Weibull distribution based on complete and on censored samples. *Technometrics*, v. 7, p. 579-588, 1965.
- FIGUEIREDO-FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 83, p. 39-46, 1996.
- HARTER, H. L.; MOORE, A. H. Maximum likelihood estimation of the parameters of the gamma and Weibull populations from complete and from censored samples. *Technometrics*, v. 7, p. 639-43, 1965.
- KOZAK, A.; MUNRO, D. P.; SMITH, J. H. G. Taper functions and their application in forest inventory. *Forest Chronicle*, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.
- MACHADO, S. A.; AUGUSTYNCZIK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R.; MIGUEL, E. P.; TEO, S. J. *Distribuição diamétrica de Araucária angustifolia (Bert.) O. Ktze. em um fragmento de floresta ombrófila mista*. *Scientia Agraria*, v. 10, n. 2, p. 103-110, 2009.
- MAX, T. A.; BURKHART, H. E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science*, v. 22, n. 3, p. 283-289, 1976.
- MIGUEL, E. P. *Avaliação biométrica e prognose da produção de Eucalyptus urophylla (S.T. Blake) na região norte do estado de Goiás*. 2009. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- MÜLLER, I. *Forma de tronco e sortimentos De madeira para eucalyptus grandis Hill ex Maiden., manejado em alto fuste, na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul*. 2004. 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2004.
- NÁVAR-CHÁIDEZ, J. J.; CONTRERAS-AVIÑA, J. Ajuste de la distribución Weibull a las estructuras diamétricas de rodales irregulares de pino en Durango, México. *Agrociencia*, v. 34, n. 3, p. 353-361, 2000.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. *Mensura Florestal*. San José: GTZ, 1997. 561 p.
- QUEIROZ, J. A. L.; MACHADO, S. A.; HOSOKAWA, R. T.; SILVA, I. C. Estrutura e dinâmica de floresta de várzea no Estuário amazônico no estado do Amapá. *Revista Floresta*, v. 37, n. 3, 2007.
- SAS INSTITUTE. SAS User's Guide: Statistics. PROC CAPABILITY and General Statements. 2007. Disponível em: <<http://www.asu.edu/sas/sasdoc/sashtml/qc/index.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2014.
- SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J. A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, v. 6, n. 1, p. 79-88, 1996.
- SCHNEIDER, P. S. P. *Estrutura bioeconômica da produção no manejo da densidade de Pinus taeda L. na região do planalto catarinense, Brasil*. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- SOUZA, C. A. M.; GINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SILVA, G. F.; THOMAS, C. Eficiência de um modelo de afilamento ajustado sem e com estratificação por classe de quociente de forma para formação dos sortimentos de *Pinus taeda* L. *Ciências Florestais*, v. 22, n. 1, p. 125-135, 2012.
- THOMAS, C. *Determinação bioeconômica do manejo em alto fuste de povoamentos monoclonais de Eucalyptus saligna Smith*. 2013. 178 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- WEIBULL, W. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, v. 18, n. 1, p. 293-297, 1951.

Contribuição dos autores: Gabriel Paes Marangon: este trabalho é parte da tese de doutorado do primeiro autor; Emanuel Arnoni Costa: auxílio na tabelação e análise dos dados e redação do trabalho; Anna Paula Lora Zimmermann: auxílio na redação e correção do trabalho; Paulo Renato Schneider: orientador da tese de doutorado; Emanuel Araújo Silva: auxílio na correção do trabalho.

Fonte de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.