AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Comprimentos de seção e altura de fustes na cubagem rigorosa em diferentes espaçamentos de eucalipto

Section length and bole height in rigorous cubage in different eucalypt spacings

Bruno Oliveira Lafetá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)
E-mail: bruno.lafeta@ifmg.edu.br
OrcID: http://orcid.org/0000-0003-2913-6617

Isaac Willian Balbatahan Silva Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)
E-mail: balbatahanisaac@gmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0001-6361-5051

Acálita Godinho de Oliveira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG)
E-mail: akalitagodinho001@gmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0003-1328-8288

Diego dos Santos Vieira
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
E-mail: diegovieir4@gmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0003-3780-1189

Tamires Mousslech Andrade Penido
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
E-mail: penidotma@gmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0001-7764-8532

Resumo: Objetivou-se avaliar a influência do comprimento de seções e alturas totais para a quantificação volumétrica de fustes de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio. Os volumes dos fustes com casca foram calculados utilizando-se a fórmula de Smalian, considerando seções de 1, 2, ..., 6m de comprimento após a posição de 2m de altura. As posições de cubagem da base foram padronizadas. Realizou-se a modelagem para a estimativa dos erros percentuais em função do comprimento de seção e altura de fustes. As estimativas de erro foram maiores em seções mais longas e fustes de menor altura total. Conclui-se que seções mais longas levam a superestimativas do volume acima da posição de 2m de altura e, consequentemente, do volume total do fuste. Seções de comprimento superior a 2m devem ser evitadas em cubagens rigorosas, sobretudo, quando realizadas em talhões instalados sob espaçamentos de 1,5 a 6m^2.

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Palavras-chave: Fator forma. Modelagem. Smalian. Volume.

Abstract: This work aimed to evaluate section lengths and total heights for volumetric quantification of eucalypt stems at different planting spacings. Volumes stem were calculated using Smalian formula, considering 1, 2, ..., 6m in length after position of 2m height. Cubage positons of the base were standardized on all stems. Modeling was carried out to percentage errors estimate as a function of section length and stem height. Error estimates were larger in longer section and smaller stems in total height. It is concluded that longest lengths lead to overestimates of volume above the 2m height position and, consequently, of total stem volume. Sections longer than 2m should be avoided in rigorous cubing, especially when carried out in stands installed with spacing of 1.5 to 6m^2.

Keywords: Form factor. Modeling. Smalian. Volume.

Data de recebimento: 07/10/2021
Data de aprovação: 30/11/2021
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v14i53.15237

1 Introdução

O manejo florestal requer informações biométricas detalhadas e confiáveis para um adequado planejamento, monitoramento, mapeamento produtivo e dimensionamento de multiprodutos (Souza *et al.*, 2017; Miguel *et al.*, 2018; Azevedo *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2020). A quantificação do volume individual de fustes é uma etapa fundamental na rotina do mensuracionista, cuja qualidade de execução é capaz de influenciar a tomada de decisões e administração de recursos florestais.

O volume é um atributo biométrico que permite a avaliação do estoque de madeira e diagnóstico do rendimento lenhoso sustentável de uma floresta (Azevedo *et al.*, 2020). Embora haja muitas pesquisas acerca da cubagem, ainda persistem dúvidas sobre a quantificação volumétrica individual assumindo diferentes comprimentos de seção, alturas de fuste e espaçamentos de plantios. Nesse sentido, a modelagem e a análise da acurácia volumétrica se torna essencial para a definição de critérios específicos para melhoria da cubagem rigorosa.

A segurança no uso de métodos para a estimativa volumétrica de fustes não cubados depende da qualidade dos dados coletados durante a cubagem e da técnica adotada no processamento das informações (Campos e Leite, 2017; Miguel *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020). Inventários florestais geralmente se baseiam no uso de modelos volumétricos, taper ou fatores de forma (Souza *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2020), derivados da medição direta do volume.

Diante de limitações operacionais do método do xilômetro para medições do volume de fustes em campo, a cubagem rigorosa tem sido o procedimento mais usual em inventários de empresas e consultorias florestais (Miguel *et al.*, 2018). A cubagem rigorosa consiste na medição de diâmetros em posições sucessivas pré-definidas

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

para a obtenção do volume de seções ao longo do fuste (Batista *et al.*, 2014). Trata-se de uma abordagem que pode ser realizada de forma não destrutiva ou, mais frequentemente vista, destrutiva (Buck *et al.*, 2019).

Contudo, é relevante salientar que a idade e aspectos genéticos, silviculturais e inerentes ao próprio sítio, como as condições edáficas e climáticas, influenciam a forma do fuste de árvores (Gomat *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2016; Hirigoyen *et al.*, 2021). A forma do fuste oscila entre espaçamentos de plantio, fustes de maior conicidade tendem a ser encontrados nas ocasiões de maior espaço útil entre plantas (Soares *et al.*, 2011; Sanquetta *et al.*, 2014). Nesse sentido, considera-se mais realístico assumir que a forma de cada uma das seções obtidas com a cubagem possa ser representada por sólidos geométricos truncados (Souza *et al.*, 2017; Miguel *et al.*, 2018).

A cubagem rigorosa é um procedimento oneroso e laborioso, cuja definição deve ser realizada com o propósito de otimizar o rendimento em campo sem a perda da acuracidade volumétrica. Seções mais compridas implicam em redução da quantidade de diâmetros medidos, maior rendimento operacional e menores custos, porém nem sempre resulta em alta acurácia desejada. Comprimentos inapropriados de seções podem introduzir tendenciosidades em modelagens e comprometer a totalização do volume de unidades de manejo florestal (Soares *et al.*, 2010).

Diversos procedimentos de cubagem rigorosa podem ser encontrados na literatura (Machado *et al.*, 2006; Batista *et al.*, 2014; Sanquetta *et al.*, 2014; Campos & Leite, 2017; Miguel *et al.*, 2018). No Brasil, a expressão tradicionalmente adotada para o cálculo do volume de seções é a de Smalian (Smalian, 1837), definindo seções curtas até a posição de 2 m de altura e seções de 1 ou 2 m de comprimento para o restante do fuste (Sanquetta *et al.*, 2014). Contudo, tratam-se de definições usadas mais por conveniência e praticidade do que razões de acurácia (Souza *et al.*, 2017; Miguel *et al.*, 2018).

Pesquisas que relacionam a modelagem não linear da acurácia em função do comprimento de seções e alturas de fuste para a cubagem são incipientes ou praticamente inexistentes. Modelos de característica sigmoidal com fundamentação biológica, como o logístico, são alternativas para a análise de tendências e do comportamento de curvas.

Mediante o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do comprimento de seções e alturas totais para a quantificação volumétrica de fustes de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio.

2 Materiais e Métodos

Os dados utilizados no presente trabalho foram provenientes de povoamentos do híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *E. camaldulensis* Dehnh, estabelecidas em dezembro de 2002 no município de Itamarandiba – MG. O clima predominante na região é do tipo Cwa, segundo o sistema internacional de Köppen (Köppen, 1936), com invernos amenos e secos e verões quentes e chuvosos. As médias anuais de temperatura e precipitação durante a rotação foram de 20,2º C (médias variando de 16,6ºC em julho a 22,3ºC em fevereiro) e 1.062 mm (médias variando de 3 mm em agosto a 255 mm em dezembro), respectivamente (INMET, 2021).

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

As implantações florestais foram realizadas sob quatro arranjos espaciais de plantio (3,0 × 0,5 m, 3,0 × 1,0 m, 3,0 × 1,5 m e 3,0 × 2,0 m), em área de relevo plano, Latossolo Vermelho e a 1.097 m de altitude. Aos 101 meses foram abatidos 160 fustes para a cubagem rigorosa, distribuídos em classes diamétricas discriminadas em detalhes na Tabela 1. A amplitude total de altura dos fustes cubados foram de 10,2 (3,0 × 0,5 m) a 28,8 m (3,0 × 2,0 m). A escolha dessa idade se pautou em aspectos de regulação e colheita da rotina operacional da empresa florestal. Obtiveram-se as informações de diâmetro com casca a 1,30 m do solo (DAP, cm) e altura total (H, m) com auxílio de suta e trena, respectivamente. Os diâmetros com casca foram medidos com suta nas seguintes posições: 0,10; 0,30; 0,70; 1,00; 1,30 e 2,00 m, e a partir deste ponto, em intervalos regulares de 1,0 m até a posição com diâmetro de 2 cm.

Tabela 1. Distribuição de frequência das árvores abatidas aos 101 meses de idade para a cubagem em povoamentos de eucalipto com diferentes arranjos espaciais, em Itamarandiba-MG.

Arranjo espacial	Centro de classe de diâmetro (cm)							Total
	5	7	9	11	13	15	17	
3,0 × 0,5 m	9	7	13	7	2	-	-	38
3,0 × 1,0 m	-	5	12	11	5	4	-	37
3,0 × 1,5 m	1	3	10	7	6	13	5	45
3,0 × 2,0 m	-	1	5	8	8	12	6	40

Para a quantificação volumétrica individual dos fustes, testaram-se seis comprimentos de seções acima da posição de 2m de altura. Os comprimentos de seção foram assim discriminados: C1) cubagem de referência – medição em intervalos regulares de 1m; C2) medição em intervalos regulares de 2m; C3) medição em intervalos regulares de 3m; C4) medição em intervalos regulares de 4m; C5) medição em intervalos regulares de 5m e; C6) medição em intervalos regulares de 6m. A última seção do fuste, isto é, em seu do topo, foi realizada até a posição com diâmetro de 2cm.

O volume das seções foi calculado empregando a fórmula clássica de Smalian, que se baseia na relação multiplicativa entre o comprimento de seção e a média aritmética das áreas seccionais em suas extremidades. Calculou-se o erro percentual do volume de fustes, tomando-se como referência a quantificação volumétrica adotando seções com 1,0m de comprimento após a posição de 2m de altura (cubagem de referência). As análises gráficas consistiram na inspeção estatística da distribuição do erro percentual.

O fator de forma dos fustes foi calculado assumindo a cubagem de referência. Para fins comparativos entre arranjos espaciais, os fatores de forma foram submetidos aos testes de normalidade por Shapiro Wilk, Mann-Whitney e boxplot. As análises foram realizadas adotando o nível de significância de 5% de probabilidade.

O modelo logístico de três parâmetros foi ajustado para a estimativa do erro percentual do volume em função da altura total e o comprimento de seções (C, m). Optou-se pelo modelo logístico em virtude da fundamentação biológica, facilidade de interpretação de seus parâmetros e crescente uso no setor florestal. A análise de regressão

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

foi realizada através do método iterativo de Levenberg-Marquardt. Calcularam-se a Média dos Desvios Absolutos (MDA) e Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM).

$$Erro = \frac{\alpha^H}{1 + \beta\ H\ e^{-\gamma\ C}} + \varepsilon$$

Em que: α,β e γ = parâmetros do modelo logístico; *e* = constante neperiana; e ε = erro aleatório.

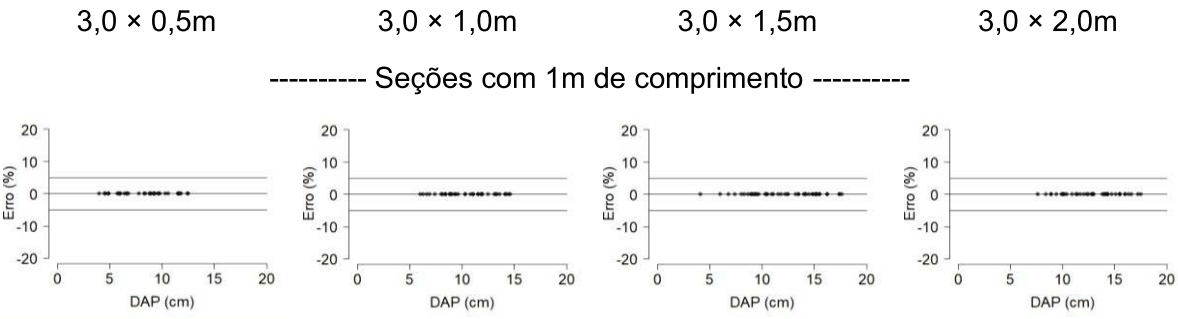
Os pontos que extrapolaram a tendência geral dos dados não foram eliminados das análises estatísticas a fim de se verificar a capacidade da regressão logística em lidar com outliers ou ruídos. As estimativas de erro percentual da modelagem foram submetidas a análise de superfície de resposta. Para as alturas totais de 10, 15, ... e 30m, calcularam-se os erros percentuais correspondentes à tangente inferior de curva (passando pela origem, P1), ponto de inflexão (P2), tangente superior de curva (P3) e a assíntota (P4). As três primeiras métricas foram determinadas por derivação e a assíntota, elevando-se o valor do parâmetro “” à altura total.

As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio dos softwares Curve Expert 1.4 e R 4.1.0 (R Core Team, 2021).

3 Resultados

A dispersão do erro percentual de volume dos fustes de eucalipto aumentou com o comprimento das seções, tomando-se como referência os volumes obtidos com cubagem rigorosa a cada metro (Figura 1). Apenas os valores do erro de 21,14 (seções de 4m), 28,30 (seções de 5m) e 33,90% (seções de 6m) pertencentes ao conjunto de dados do arranjo 3,0 × 0,5m foram omitidos dessa análise gráfica para melhor visualização dos dados. Apesar de que a maioria dos erros concentraram em torno de -5 a 5%, notou-se em todos os arranjos espaciais tendência a superestimação volumétrica com o aumento do tamanho, especialmente a partir do comprimento de 3m.

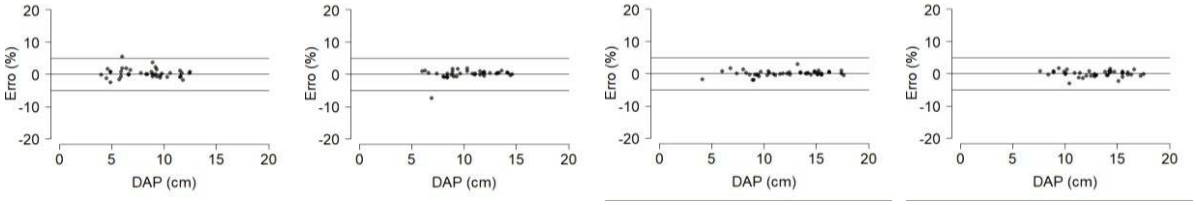
Figura 1. Distribuição de erros percentuais em função do DAP para o volume observado de eucalipto aos 101 meses de idade e em diferentes arranjos espaciais de plantio, tomando-se como referência o volume da cubagem a cada metro.



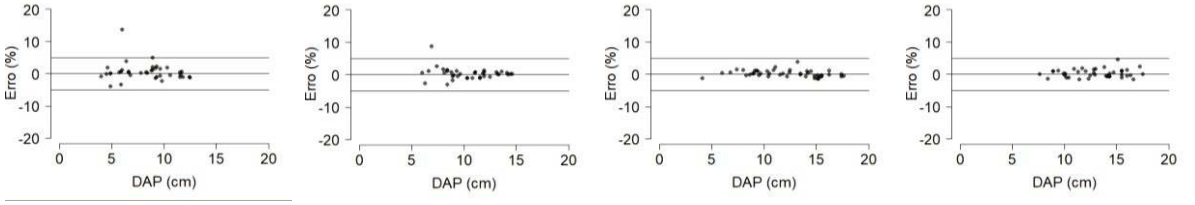
continua

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

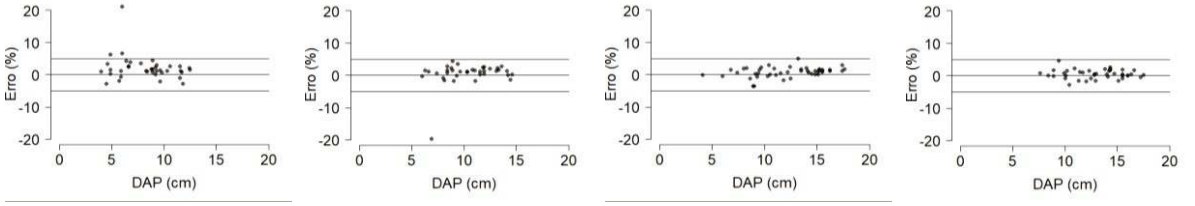
---------- Seções com 2m de comprimento ----------



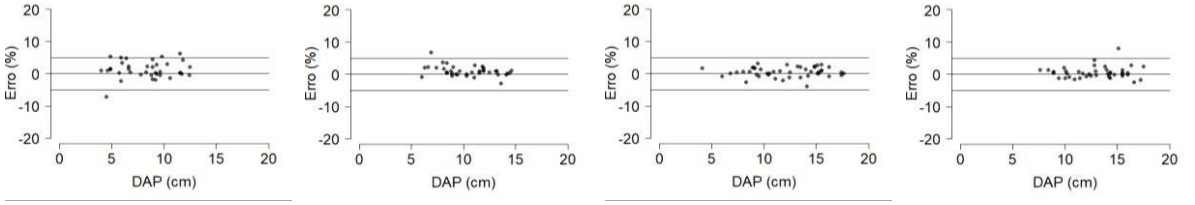
---------- Seções com 3m de comprimento ----------



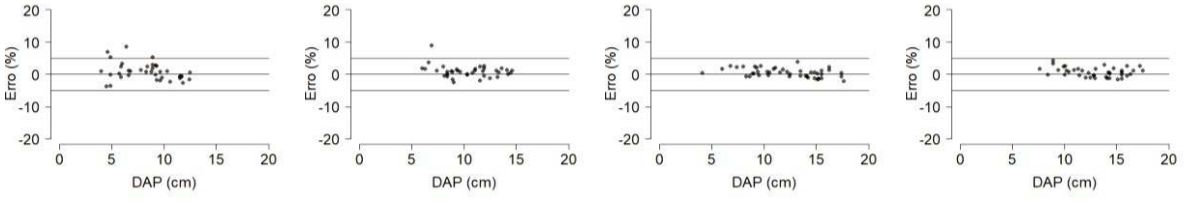
---------- Seções com 4m de comprimento ----------



---------- Seções com 5m de comprimento ----------



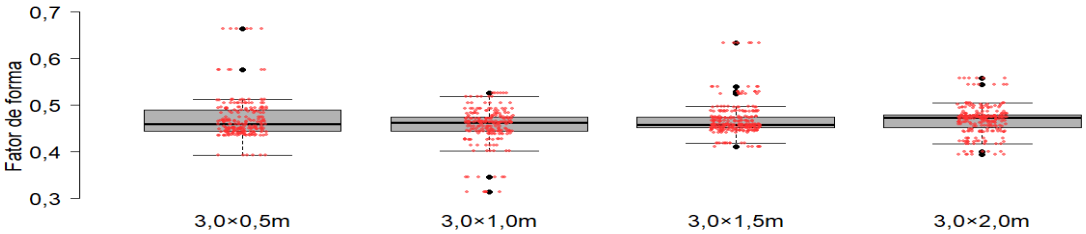
---------- Seções com 6m de comprimento ----------



Os fatores de forma não seguiram distribuição normal ($p \leq 0,05$). As medianas do fator de forma da cubagem de referência não se diferenciaram entre os arranjos espaciais pelo teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$). A mediana, média e desvio padrão do fator de forma de todos os fustes cubados foram de 0,4630, 0,4653 e 0,0396 (Figura 2), respectivamente. As médias do fator de forma dos fustes foram de 0,4659 para C2, de 0,4669 para C3, de 0,4696 para C4, de 0,4699 para C5 e de 0,4695 para C6. Esta tendência seguiu comportamento sigmoidal de aumento do fator de forma e função do comprimento da seção.

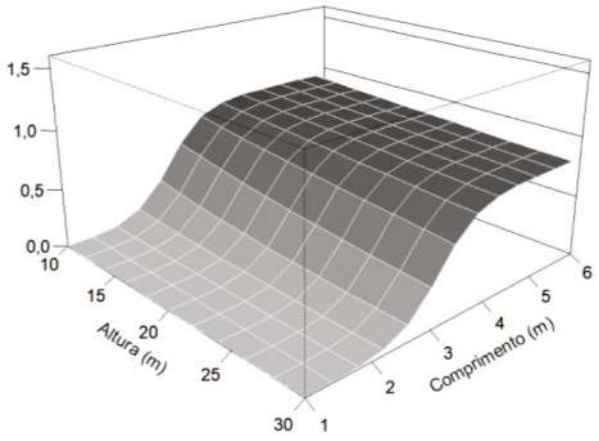
Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

Figura 2. Boxplot do fator de forma em diferentes arranjos espaciais de eucalipto aos 101 meses de idade, em que os pontos em vermelho representam valores observados.



Diante da similaridade da forma de fustes entres arranjos espaciais, procedeu-se com o ajuste do modelo logístico para a estimativa dos erros percentuais. A modelagem resultou nos valores de 0,993519 para o parâmetro , de 631,129329 para e de 3,140073 para (MDA = 1,080437 e RQEM = 2,280392). A superfície de resposta obtida evidenciou o comportamento sigmoidal do erro percentual do volume, aumentando em função do comprimento das seções a partir da posição de 2m de altura (Figura 3). Também se observou tendência de decréscimo desse erro para as maiores alturas de fuste.

Figura 3. Superfície de resposta do erro percentual (eixo Z) do volume para diferentes comprimentos de seção (acima da posição da 2m) e alturas dos fustes de eucalipto aos 101 meses de idade.



Os comprimentos de seção de 2,37 a 2,72m corresponderam à variação da tangente inferior a curva para os fustes com 10 a 30m de altura, respectivamente (Tabela 2). Logo a seguir, o erro percentual do volume apresentou uma fase de crescente incremento médio até o ponto de inflexão (P2) e tendência de estabilização em P3. Por fim, a assíntota oscilou de 0,8228 (H = 30m) a 0,9370% (H = 10m) de erro.

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

Tabela 2. Comprimentos de seção (acima da posição da 2m) e respectivos erros percentuais do volume de eucalipto aos 101 meses de idade.

Altura (m)	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
	------ Comprimento (m) ------				---------- Erro (%)----------			
10	2,3672	2,7866	3,2060	4,9975	0,1980	0,4685	0,7390	0,9370
15	2,4963	2,9157	3,3351	5,1691	0,1917	0,4535	0,7154	0,9071
20	2,5879	3,0073	3,4267	5,3185	0,1856	0,4390	0,6925	0,8781
25	2,6590	3,0784	3,4978	5,4417	0,1796	0,4250	0,6703	0,8500
30	2,7171	3,1365	3,5559	5,3248	0,1739	0,4114	0,6489	0,8228

P1 = tangente inferior de curva; P2 = ponto de inflexão; P3 = tangente superior de curva e; P4 = assíntota.

4 Discussão

Informações volumétricas podem ser influenciadas pelo procedimento adotado na cubagem rigorosa, pequenas diferenças no comprimento da seção modificam e podem comprometer a determinação do volume de fustes. O volume quantificado para a cubagem empregando seções de maior comprimento se dispersou em relação àquele obtido a cada metro (Figura 1). Esta dispersão foi provavelmente consequência da variação da forma do fuste ao longo de seu perfil longitudinal. Características biométricas, como a forma de fustes, podem oscilar em virtude de diferentes aspectos silviculturais, genéticos e intrínsecos do próprio sítio, desde em pequenas a amplas escalas geográficas (Resende *et al.*, 2016; Sanquetta *et al.*, 2020).

A superestimativa volumétrica com o aumento do comprimento de seções foi confirmada, sendo mais enviesada para seções de 5 e 6m de comprimento. Esta superestimativa variou, em média, de 0,52 (3,0 × 1,5m) a 1,68% (3,0 × 0,5m) para seções com 6m de comprimento mensuradas após a posição de 2m de altura. Enfatiza-se que a busca pela exatidão deve considerar todas as etapas envolvidas na quantificação volumétrica. No caso específico do erro de 1,68%, extrapolações resultariam em superestimativas de, aproximadamente, 1.000 m^3 a cada 2.381, 1.701, 1.323 e 1.082 ha em sítios com produtividades de 25, 35, 45 e 55 $m^3ha^{-1}ano^{-1}$, respectivamente.

É provável que as superestimativas percentuais de volume sejam ainda maiores caso o comprimento das seções fosse padronizado ao longo de toda extensão do fuste comercial, isto é, incluindo a base. Tal afirmativa se baseou na premissa de que a base é a região onde, geralmente, se concentra o maior volume de um fuste (Soares *et al.*, 2010). Salienta-se que a aplicação da fórmula de Smalian para linhas longitudinais de superfície mais convexas que fustes paraboloides promove subestimativas volumétricas, porém linhas mais côncavas, o que são geralmente encontradas, resulta no inverso (Husch *et al.*, 1982).

Embora as medianas de fator de forma terem sido similares entre os arranjos espaciais pelo teste de Mann-Whitney, corroborando com a análise visual de boxplot (Figura 2), verificou-se tendência de aumento sigmoidal desse fator à medida que se empregou seções mais longas. A forma dos fustes cubados aproximaram de um cilindro para maiores comprimentos de seção. Em relação a cubagem de referência, as di-

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

ferenças entre medianas dos fatores de forma foram de 0,63 e 1,40% para as seções com 2 e 6m de comprimento, respectivamente. É relevante enfatizar que a fórmula de Smalian aproxima a forma de cada seção a um sólido truncado correspondente a um paraboloide quadrático, cuja versão não truncada resulta na metade do volume de um cilindro (Batista *et al.*, 2014).

Estabeleceu-se relação funcional para a estimativa do erro percentual do volume em função do comprimento de seções e a altura de fustes (Figura 3). O erro percentual aumentou com o comprimento das seções avaliadas para a cubagem, tendendo a uma estabilização em torno de 3,21 (H = 10m) a 3,56m (H = 30m) de comprimento, com assíntota aos 5,00 e 5,32m (Tabela 2), respectivamente. Por outro lado, a faixa de lento crescimento sigmoidal, compreendida da origem até a tangente inferior de curva, indicou pouca variação do erro percentual para os comprimentos de seção de até 2,37 (H = 10m) e 2,72m (H = 30m). Às vistas da possibilidade de se encontrar fustes com diferentes alturas totais em um inventário florestal e da praticidade de uso do sistema métrico, indica-se seções de comprimento nunca superiores a 2m para a cubagem rigorosa a partir da posição de 2m de altura. Este comprimento indicado está consonância com Machado *et al.* (2006) e Soares *et al.* (2010), que avaliaram diferentes comprimentos de seção em cubagens a partir de 1,3m de altura e da base de fuste, respectivamente. Além disso, sugere-se a intensificação da amostragem próximo ao solo, principalmente, na presença de deformidades e nítidas variações na forma da base de fustes.

O erro percentual do volume tendeu a ser menor nos fustes de maior altura total, especialmente no que se refere aos maiores comprimentos de seção (Figura 3). À medida que a altura total aumentou, a influência do comprimento da seção acima da posição de 2m na quantificação do volume diminuiu, similar ao relatado por Soares *et al.* (2010). Ressalta-se que, embora haja menor concentração de volume na região superior de fuste, a definição do comprimento de seções deve ser realizada com bastante cautela para se evitar maiores desvios volumétricos e prejudicar o planejamento da colheita e comercialização de madeira em amplas áreas reflorestadas.

Os resultados obtidos fornecem subsídios importantes para a redução do esforço amostral em procedimentos de cubagem rigorosa e desenvolvimento de futuras pesquisas sobre o planejamento operacional e quantificação volumétrica. A adoção de maiores comprimentos de seção reduz a quantidade de posições de altura mensuradas durante a cubagem e, por conseguinte, minimiza sensivelmente o esforço amostral. Em contrapartida, o uso de seções mais longas, especialmente aquelas superiores a 2,72m, podem comprometer a qualidade da estimativa volumétrica.

A definição do comprimento das seções para a cubagem rigorosa mostrou que pode influenciar a quantificação de recursos lenhosos, devendo ser criteriosamente planejada a fim de se controlar o efeito da conicidade e deformidades do fuste, mais comuns próximos à base (Batista *et al.*, 2014).

5 Conclusão

O comprimento de seção adotada na cubagem rigorosa influencia a determinação volumétrica de fustes. Seções mais longas levam a superestimativas do volume acima da posição de 2m de altura e, consequentemente, do volume total do fuste.

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

O erro percentual do volume é maior à medida que aumenta o comprimento de seção na cubagem rigorosa, tendendo a uma estabilização. Seções de comprimento superior a 2m devem ser evitadas em cubagens rigorosas, sobretudo, quando realizadas em talhões instalados sob espaçamentos de 1,5 a 6m^2.

O erro percentual do volume tende a ser menor em cubagens realizadas em fustes de maior altura total. O fator de forma desses fustes aos 101 meses de idade tendeu a similaridade entre espaçamentos de plantio.

6 Referências

Azevedo, G.B., Tomiazzi, H.V., Azevedo, G.T.O.S., Teodoro, l.P.R., Teodoro, P.E., Souza, M.T.P., Batista, T.S., Eufrade-Júnior, H.J., & Guerra, S.P.S. (2020). Multi-volume modeling of *Eucalyptus* trees using regression and artificial neural networks. *PLOS ONE***,** 15(9), e0238703. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238703

Batista, J.L.F., Couto, H.T.Z., & Silva Filho, D.F. (2014). *Quantificação de recursos florestais*: árvores, arvoredos e florestas. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos.

Buck, A.L.B., Lingnau, C., Neto, S.P., Machado, Á.M.L. & Martins-Neto, R.P. (2019). Stem modelling of *Eucalyptus* by terrestrial laser scanning. *Floresta e Ambiente*, 26(4), e20160125. https://doi.org/10.1590/2179-8087.012516

Campos, J.C.C., & Leite, H.G. (2017). *Mensuração florestal*: perguntas e respostas. 5. ed. Viçosa, MG: UFV.

Gomat, H.Y., Deleporte, P., Moukini, R., Mialounguila, G., Ognoaubi, N., Saya, A.R., Vigneron, P., & Saint-Andre. (2011). What factors influence the stem taper of *Eucalyptus*: growth, environmental conditions, or genetics? *Annals of Forest Science*, 68, 109-120. https://doi.org/10.1007/s13595-011-0012-3

Hirigoyen, A., Navarro-Cerrillo, R., Bagnara, M., Franco, J., Requin, D., & Rachid-Casnati, C. (2021). Modelling taper and stem volume considering stand density in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii*. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 14(2), 127-136. https://doi.org/10.3832/ifor3604-014

Husch, B., Miller, I.C., & Beers, T.W. (1982). *Forest Mensuration*. New York: J. Wiley.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2021). *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em 02 ago. 2021.

Köppen, W. (1936). *Das geographische system der klimate*. Berlin: Gerbrüder Borntträger.

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil

Machado, S.A., Téo, S.J., Urbano, E., Figura, M.A., & Silva, L.C.R. (2006). Comparação de métodos de cubagem absolutos com o volume obtido pelo xilômetro para bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). *Cerne*, 12(3), 239-253.

Miguel, E.P., Netto, S.P., Azevedo, G.B., Azevedo, G.T.O., Rezende, A.V., & Pereira, R.S. (2018). Alternative methods of scaling *Eucalyptus urophylla* trees in forest stands: compatibility and accuracy of volume equations. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 11, 275-283. https://doi.org/10.3832/ifor2155-011

Oliveira, J.M.D., Cardoso, L.S., Silva, L.C., Oliveira, L.S., Araújo, E.J.G., & Monte, M.A. (2020). Quantificação de volume de árvores utilizando cubagem rigorosa, modelo de afilamento e modelo volumétrico. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 16(2), 134-137. http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i3.1269

R Core Team. (2021). *R*: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

Resende, R.T., Marcatti, G.E., Pinto, D.S., Takahashi, E.K., Cruz, C.D., & Resende, M.D.V. (2016). Intra-genotypic competition of *Eucalyptus* clones generated by environmental heterogeneity can optimize productivity in forest stands. *Forest Ecology and Management*, 380, 50-58. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.08.041

Sanquetta, C.R., Corte, A.P.D., Rodrigues, A.L., & Watzlawick, L.F. (2014). *Inventários florestais*: planejamento e execução. 3. ed. Curitiba, PR: Multi Graphic.

Sanquetta, M.N.I., McTague, J.P.J., Scolcoforo, H.F., Behling, A., Sanquetta, C.R., & Schmidt, L.N. (2020). What factors should be accounted for when developing a generalized taper function for black wattle trees? *Canadian Journal of Forest Research*, 50(11), 2020. https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0163

Smalian, H.L. (1837). *Beitrag zur holzmeßkunst*. Verlag Löffler, Stralsund, Germany.

Soares, C.P.B., Paula Neto, F., & Souza, A.L. (2011). *Dendrometria e inventário florestal,* 2 ed, Viçosa, MG: UFV.

Soares, C.P.B., Silva, G.F., & Martins, F.B. (2010). Influence of section lenghts on volume determination in *Eucalytus* trees. *Cerne*, 16(2), 155-162. https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000200006

Souza, H.S., Drescher, R., Vendruscolo, D.G.S., Moura, J.P.V.M., Siqueira, T.A.S., & Mamoré, F.M.D. (2017). Comparação de métodos de cubagem para eucalipto. *Revista Brasileira de Biometria*, 35(1), 17-26.

Souza, R.R., Nogueira, G.S., Murta Júnior, L.S., Pelli, E., Oliveira, M.L.R., Abrahão, C.P., & Leite, H.G. (2016). Forma de fuste de árvores de *Eucalyptus* em plantios com diferentes densidades iniciais. *Scientia Forestalis*, 44(109), 33-40. https://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n109.03

Esta obra está licenciada com uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil