

Pesquisas agrárias e ambientais

Volume VIII

Alan M. Zuffo
Jorge G. Aguilera
Organizadores



Pantanal Editora

2021

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume VIII



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. Msc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. Msc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. Msc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto
Prof. Msc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argenteo-Martínez
Prof. Msc. Lidiane Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. Msc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Msc. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|---|
| P472 | Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume VIII / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 102p. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-16-7 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460167 1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 630 |
| Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 | |



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume VIII” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas:

Restrição algébrica e modelagem mista podem ser utilizadas para aumentar a acurácia da predição do afilamento de árvores de *Pinus taeda*; doenças que acometem as aves: uma revisão; larvas e vermes na compostagem de resíduos orgânicos provenientes de baias de equinos; a geotecnologia na avaliação e monitoramento da desertificação no semiárido do Brasil: um estudo de caso de Gilbués, Piauí; temperatura do globo negro: estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno; estudo do efeito da continuidade espacial em modelos de relação hipsométrica em *Eucalyptus* sp.; calagem e NPK na formação de mudas de canafístula; efeito residual de pó de metabalsato no milho safra. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume VIII, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores

Sumário

| | |
|---|------------|
| Apresentação | 4 |
| Capítulo I..... | 6 |
| Restrição algébrica e modelagem mista podem ser utilizadas para aumentar a acurácia da predição do afilamento de árvores de <i>Pinus taeda</i> ? | 6 |
| Capítulo II | 15 |
| Doenças que acometem as aves: uma revisão | 15 |
| Capítulo III..... | 25 |
| Larvas e vermes na compostagem de resíduos orgânicos provenientes de baias de equinos | 25 |
| Capítulo IV | 43 |
| A geotecnologia na avaliação e monitoramento da desertificação no semiárido do Brasil: um estudo de caso de Gilbués, Piauí | 43 |
| Capítulo V..... | 59 |
| Temperatura do globo negro: estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno..... | 59 |
| Capítulo VI | 73 |
| Estudo do efeito da continuidade espacial em modelos de relação hipsométrica em <i>Eucalyptus</i> sp. | 73 |
| Capítulo VII..... | 89 |
| Calagem e NPK na formação de mudas de canafístula | 89 |
| Capítulo VIII | 95 |
| Efeito residual de pó de metabalsato no milho safra | 95 |
| Índice Remissivo..... | 101 |
| Sobre os organizadores..... | 102 |

Restrição algébrica e modelagem mista podem ser utilizadas para aumentar a acurácia da predição do afilamento de árvores de *Pinus taeda*?

Recebido em: 07/10/2021

Aceito em: 11/10/2021

 10.46420/9786581460167cap1

Ximena Mendes de Oliveira^{1*} 

INTRODUÇÃO

O afilamento refere-se ao decréscimo em diâmetro que ocorre da base para o ápice do fuste da árvore (Burkhardt; Tomé, 2012) e pode ser modelado por funções de afilamento. Entre as funções de afilamento mais utilizadas no Brasil, estão as classificadas como não segmentadas, como o polinômio de quinto grau e o polinômio de potências inteiras e fracionárias (Téo et al., 2013; Ribeiro; Andrade, 2016; Kohler et al., 2016). No entanto, estudos mostram que o uso de funções segmentadas (Souza et al., 2008) e exponenciais (Andrade, 2014) pode apresentar ganho em acurácia nas estimativas.

Liu et al. (2020) destaca que a função de afilamento exponencial de Kozak (1988) é amplamente difundida no contexto mundial. Isso justifica a escolha desse modelo para este estudo que não teve como objetivo testar diferentes funções de afilamento. Ao definir a utilização de um modelo, diferentes alternativas de ajuste podem ser propostas para buscar ganho em acurácia nas estimativas.

Cao (2009), por exemplo, propõe o método da restrição algébrica que força o modelo a passar por um diâmetro superior, fazendo com que um parâmetro médio do modelo exponencial se torne um parâmetro específico por árvore individual. Oliveira (2020) e Rodil et al. (2017) testaram essa abordagem de ajuste e verificaram aumento na acurácia do volume obtido ao longo do fuste das árvores.

Outra alternativa para buscar melhorias no ajuste é a abordagem mista. A partir dos modelos mistos, é possível manter o parâmetro com um valor médio para a população (efeito fixo) e com valores médios para subgrupos (efeito aleatório) (Pinheiro; Bates, 2000). Santos et al. (2021), por exemplo, observou ganho em acurácia ao acrescentar efeito aleatório em nível de árvore individual na modelagem de funções de afilamento não segmentadas.

¹ Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO). Rua Professora Maria Rosa Zanon, Engenheiro Gutierrez, Campus Irati, CEP: 84505-677, Irati, PR, Brasil.

* Autora correspondente: ximena@unicentro.br

Neste contexto, o objetivo do estudo foi ajustar o modelo exponencial de Kozak (1988) de forma fixa (como é tradicionalmente considerado) e avaliar duas alternativas de ajuste para ganho em acurácia das estimativas: a) ajuste com a metodologia de restrição algébrica, testando o diâmetro superior nas alturas de 2 m, 3 m, 4 m e 5 m; b) ajuste com efeitos mistos considerando somente o parâmetro a_0 com efeito fixo e efeito aleatório em nível de árvore individual e considerando os parâmetros a_0 e a_1 com efeitos fixos e efeitos aleatórios em nível de árvore individual. Dados de cubagem indireta de 60 árvores de *Pinus taeda*, plantadas nos espaçamentos de 4 m x 2 m e 3 m x 2 m foram utilizados nas abordagens de ajuste.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e base de dados

A área de estudo está localizada no município de Irati, Paraná, Brasil (25°27'56" de latitude sul e 50°37'51" de longitude oeste). A região apresenta o clima temperado úmido com verão temperado (Cfb), caracterizado por ausência de estação seca, temperatura média máxima de 22 °C, mínima de -3°C e média de 18°C (Alvares et al., 2013) e ocorrência frequente de geadas no inverno (IBGE, 2021).

Os dados foram coletados em dois talhões de *Pinus taeda*: talhão 1 com espaçamento de plantio de 4 m x 2 m e área de 1,12 ha e talhão 2 com espaçamento de plantio de 3 m x 2 m e área de 0,76 ha. As árvores foram plantadas em 2003 e a coleta de dados foi realizada em 2020, quando as árvores tinham, aproximadamente, 17 anos.

A distribuição diamétrica foi conhecida a partir de dados do inventário florestal realizado na área em 2019. Com essa informação, árvores foram cubadas, uniformemente, em todas as classes de diâmetro com amplitude de 4 cm. O talhão 1 apresentou seis classes de diâmetro, variando de 13 cm a 37 cm e o talhão 2 apresentou cinco classes de diâmetro, variando de 13 cm a 33 cm. Desta forma, foram cubadas 5 árvores por classe no talhão 1 e 6 árvores por classe no talhão 2, totalizando 60 árvores cubadas.

A cubagem foi realizada de forma indireta com o Criterion RD 1000. A validação da mensuração com esse dendrômetro óptico pode ser verificada na literatura (Curto et al., 2019; Nicoletti et al., 2015; Oliveira et al., 2018). O critério adotado para calibrar a mensuração e reduzir erros não amostrais foi a mensuração direta com a suta, de forma simultânea, nos diâmetros do fuste até os 2 m de altura (0,2 m; 0,5 m; 0,7 m; 1,0 m; 1,3 m e 2 m). Acima de 2 m, os diâmetros foram mensurados de 1 m em 1 m, somente de forma indireta, até a altura do fuste.

As informações coletadas na cubagem das árvores foram: diâmetro em cm à 1,3 m de altura (dap), altura total (ht) em m, diâmetros (di) em cm em diferentes alturas (hi) em m ao longo do fuste. A estatística descritiva dos dados de dap e ht está representada na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de dap (cm) e ht (m) e vol (m³) das 60 árvores cubadas.

| Variável | Mínimo | Máximo | Média | DP | CV (%) |
|----------|--------|--------|-------|-----|--------|
| dap (cm) | 13,0 | 35,4 | 24,0 | 6,1 | 25,6 |
| ht (m) | 15,1 | 24,5 | 21,3 | 1,9 | 9,0 |

DP = desvio padrão amostral; CV (%) = coeficiente de variação em %.

Função de afilamento e abordagens de ajuste

A função de afilamento exponencial de Kozak (1988) foi utilizada para prever diâmetros ao longo dos fustes das árvores. O modelo (1) foi ajustado inicialmente com a abordagem de efeitos fixos.

$$di = a_0 dap^{a_1} a_2 dap x^{\left[\beta_1 z^2 + \beta_2 \ln(z+0,001) + \beta_3 \sqrt{z} + \beta_4 \exp(z) + \beta_5 \left(\frac{dap}{ht}\right)\right]} \quad (1)$$

em que $a_{i/s}$ e $\beta_{i/s}$ são os coeficientes de efeitos fixos; di é o diâmetro (cm) localizado em diferentes alturas ao longo do fuste; dap é o diâmetro à altura de 1,3 m do solo; $x = \left[\frac{1 - \sqrt{hi/ht}}{1 - \sqrt{1,3/ht}}\right]$; hi é a altura (m) ao longo do fuste; ht é a altura total (m) da árvore; z = hi/ht; ln é o logaritmo neperiano; exp é o exponencial.

A primeira alternativa testada para aumentar a acurácia das estimativas foi a calibração do modelo utilizando diâmetros superiores, conforme abordagem de restrição algébrica proposta por Cao (2009). A restrição algébrica foi utilizada para forçar o modelo a passar pelo dap e por um diâmetro superior (ds). Foram testados os diâmetros superiores localizados nas alturas de 2 m, 3 m, 4 m e 5 m.

A restrição algébrica foi aplicada com os seguintes passos: a) o parâmetro a_0 foi isolado do modelo (1) e as condições impostas foram di = ds e hi igual à altura em que o ds se localiza, assim, o parâmetro médio a_0 foi modificado para o parâmetro a'_0 , específico por árvore; b) o parâmetro a_0 foi substituído por a'_0 no modelo (1) para obter as estimativas. Um exemplo da calibração algébrica está detalhado em Oliveira (2020).

A segunda alternativa testada para aumentar a acurácia das estimativas foi o uso da modelagem de efeitos mistos, considerando duas possibilidades: a) o parâmetro a_0 com efeito misto (fixo e aleatório), conforme modelo (2); b) parâmetros a_0 e a_1 com efeito misto (fixo e aleatório), conforme modelo (3). Os efeitos aleatórios foram considerados em nível de árvore individual.

$$di = (a_0 + c_0) dap^{a_1} a_2 dap x^{\left[\beta_1 z^2 + \beta_2 \ln(z+0,001) + \beta_3 \sqrt{z} + \beta_4 \exp(z) + \beta_5 \left(\frac{dap}{ht}\right)\right]} \quad (2)$$

$$di = (a_0 + c_0) dap^{(a_1 + c_1)} a_2 dap x^{\left[\beta_1 z^2 + \beta_2 \ln(z+0,001) + \beta_3 \sqrt{z} + \beta_4 \exp(z) + \beta_5 \left(\frac{dap}{ht}\right)\right]} \quad (3)$$

em que c_0 e c_1 são coeficientes de efeito aleatório em nível de árvore individual. Demais variáveis foram descritas anteriormente.

Processamento e avaliação das estimativas

O processamento foi realizado no *software* R (R Core Team, 2021). Os pacotes ggplot2 (Wickham, 2016), gridExtra (Auguie, 2017) e nlme (Pinheiro *et al.*, 2016) foram utilizados.

Para avaliar a qualidade das predições, as estatísticas utilizadas foram a raiz do erro quadrático médio (RMSE, expressão 4), o erro médio absoluto (MAE, expressão 5) e o erro médio (T, expressão 6). A análise gráfica foi considerada por gráficos 1:1, de modo que, valores mais próximos da linha diagonal indicam estimativas mais acuradas.

$$RMSE(cm) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (di_{obs.} - di_{est.})^2}{n}} \quad (4)$$

$$MAE(cm) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |di_{obs.} - di_{est.}| \quad (5)$$

$$T(cm) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (di_{obs.} - di_{est.}) \quad (6)$$

em que: n = número de observações; $di_{obs.}$ = diâmetros ao longo do fuste mensurados; $di_{est.}$ = diâmetros ao longo do fuste estimados.

RESULTADOS

O modelo de Kozak (1988) foi ajustado, inicialmente, com a abordagem de efeitos fixos. Nessa etapa, o parâmetro β_3 foi não significativo para um $\alpha=5\%$, portanto, foi removido do modelo e o modelo foi ajustado novamente. Na sequência, os ajustes considerando a restrição algébrica e a abordagem mista foram realizados considerando a remoção do parâmetro β_3 .

As estatísticas de erro (RMSE, MAE e T) do ajuste tradicional (abordagem de efeitos fixos) e das duas alternativas testadas para aumento da acurácia da predição (restrição algébrica e abordagem de efeitos mistos) estão representadas na Tabela 2. Independente do diâmetro superior utilizado, a abordagem utilizando a restrição algébrica apresentou piores resultados em relação à estatística RMSE. No entanto, para as estatísticas MAE e T, esta abordagem indicou aumento de acurácia ao utilizar diâmetros superiores nas alturas de 2 m, 3 m e 4 m. A abordagem que utilizou os efeitos mistos foi a que apresentou maior redução nas três estatísticas analisadas comparada ao ajuste com efeitos fixos e, também, aos ajustes com a metodologia da restrição algébrica.

Tabela 2. Estatísticas de avaliação das estimativas das equações ajustadas pela abordagem de efeitos fixos, abordagem com a restrição algébrica e abordagem de efeitos mistos.

| Abordagem de ajuste | Estatísticas | | |
|--|--------------|--------|---------|
| | RMSE | MAE | T |
| Efeitos Fixos | 0,8234 | 0,6024 | 0,5796 |
| Restrição algébrica (ds = 2 m) | 0,8707 | 0,6010 | 0,0400 |
| Restrição algébrica (ds = 3 m) | 0,8486 | 0,5894 | -0,0464 |
| Restrição algébrica (ds = 4 m) | 0,8975 | 0,6000 | -0,0358 |
| Restrição algébrica (ds = 5 m) | 0,9410 | 0,6397 | 0,0106 |
| Efeitos mistos (a_0 aleatório) | 0,7457 | 0,5655 | 0,1884 |
| Efeitos mistos (a_0 e a_1 aleatórios) | 0,7494 | 0,5709 | 0,1969 |

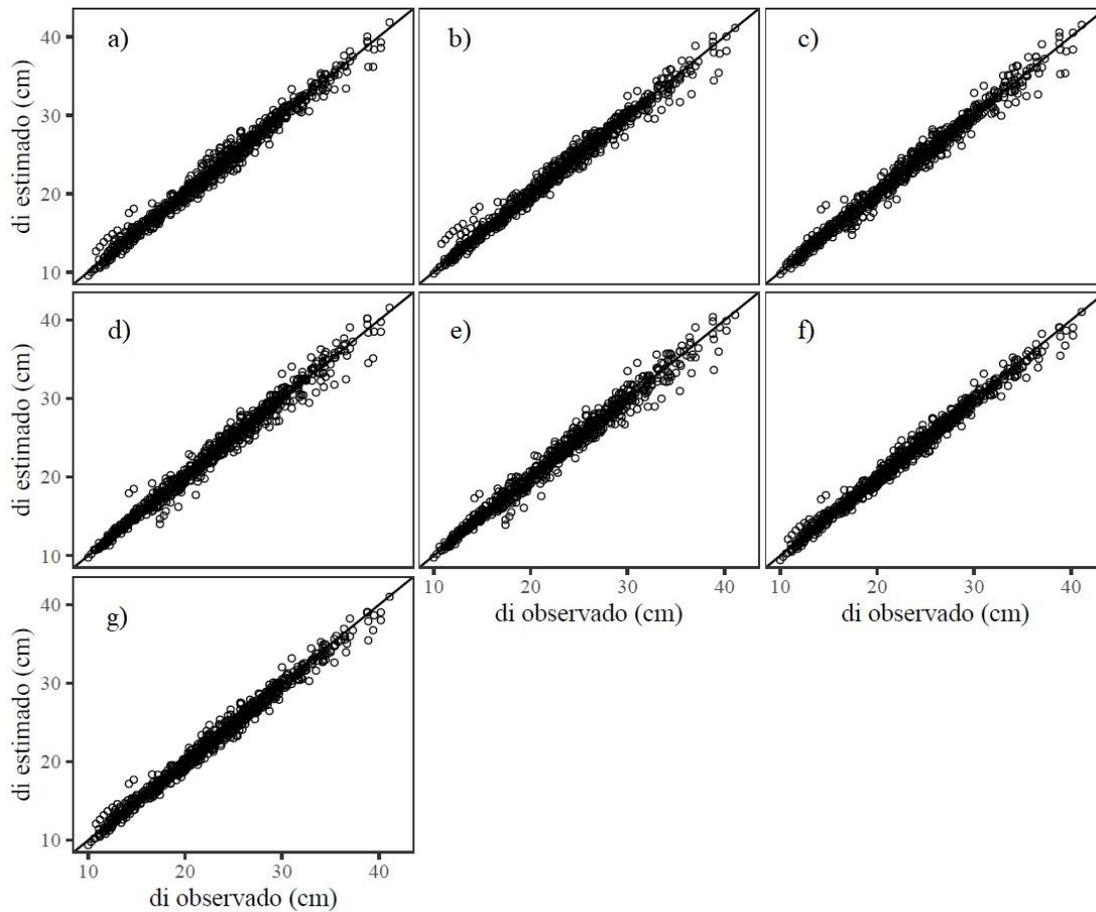


Figura 1. Comportamento dos valores observados de diâmetros (cm) ao longo do fuste das árvores em relação aos valores estimados de diâmetros (cm), considerando: a) abordagem de efeitos fixos; b) restrição algébrica com ds = 2 m; c) restrição algébrica com ds = 3 m; d) restrição algébrica com ds = 4 m; e) restrição algébrica com ds = 5 m; f) abordagem de efeitos mistos (a_0 aleatório); g) abordagem de efeitos mistos (a_0 e a_1 aleatórios).

A análise gráfica também foi considerada para verificar o comportamento das predições em relação aos diâmetros mensurados ao longo do fuste (Figura 1). Apesar da redução das estatísticas de MAE e T na maioria dos casos para a restrição algébrica (Tabela 2), observou-se um aumento do erro da predição em diâmetros maiores, que são aqueles mais próximos à base das árvores (Figuras 1b, 1c, 1d, 1e), comparado ao ajuste tradicional fixo (Figura 1a). Além disso, observou-se que quanto maior a altura considerada para o diâmetro superior, maior foi a tendência de reduzir a acurácia dos maiores valores de diâmetro (próximos à base do fuste) e aumentar a acurácia de menores valores de diâmetro (próximos ao ápice do fuste).

A predição dos diâmetros ao longo do fuste na abordagem de ajuste de efeitos mistos (Figuras 1f, 1g) apresentou a dispersão dos pontos mais próxima à linha diagonal, quando comparada à abordagem fixa e à abordagem utilizando a restrição algébrica com os diferentes diâmetros superiores. Desta forma, foi a alternativa com maior eficiência para aumentar a acurácia sem gerar tendências de aumento de erros em posições específicas ao longo do fuste.

DISCUSSÃO

O modelo exponencial de Kozak (1988) apresentou resultados acurados no ajuste com efeitos fixos, considerado o método de ajuste tradicionalmente aplicado. O uso dessa e de outras funções exponenciais de afilamento têm sido empregadas com sucesso para obter predições acuradas, inclusive, uma das técnicas consideradas é a inclusão de variáveis explicativas no expoente do modelo para promover o ajuste generalizado (Liu et al. 2020).

Scolforo et al. (2018a) mostram que além da inclusão de variáveis independentes nas funções de afilamento, uma alternativa eficaz para a obtenção de estimativas mais acuradas é a aleatorização de parâmetros, considerando o ajuste com efeitos mistos. Santos et al. (2021) testaram duas funções de afilamento não segmentadas, utilizando ajuste com efeitos fixos e ajuste com efeitos mistos e concluíram que a abordagem com efeitos mistos é eficaz para a redução do erro das estimativas. Resultado semelhante foi verificado nesse estudo, uma vez que a alternativa de abordagem com efeitos mistos foi a que apresentou maiores ganhos em acurácia das estimativas de diâmetros ao longo do fuste.

Os modelos mistos, no contexto florestal, têm sido utilizados para predizer o afilamento (Scolforo et al., 2018a; Scolforo et al., 2018b; Santos et al., 2021) e outras variáveis importantes, como a altura total das árvores (Ferraz Filho et al., 2018) e o volume de árvores individuais (Oliveira; Mayrinck, 2021). A eficiência dessa abordagem se justifica pela capacidade de captação de variabilidade ao obter informações específicas com o nível de detalhamento considerado no efeito aleatório (Pinheiro; Bates, 2000).

Além dos modelos mistos, foi verificado nesse estudo a abordagem da restrição algébrica apresentada por Cao (2009). No entanto, a aplicação dessa alternativa gerou tendência nas estimativas dos

diâmetros mais próximos à base das árvores. Isso pode ser justificado pela maior variabilidade de forma na estrutura mais próxima à base do fuste, denominada neilóide (Burkhardt; Tomé, 2012). Uma outra explicação pode ser dada pela disponibilidade dos dados coletados, uma vez que a cubagem indireta permite a obtenção de diâmetros até a altura de copa e não até a altura total como na cubagem destrutiva. Rodil et al. (2017) e Oliveira (2020) utilizaram a restrição algébrica em dados de cubagem destrutiva e verificaram a potencialidade dessa abordagem como uma alternativa para aumento da acurácia das estimativas.

A busca por alternativas que promovam o aumento da acurácia da modelagem do afilamento do fuste de árvores de *Pinus taeda* é justificada pela grande importância da espécie no Brasil, auxiliando no planejamento dos multiprodutos que podem ser gerados pelo gênero *Pinus*, atendendo diversos setores, como a indústria de celulose, de laminação e de madeira serrada (IBÁ, 2020). Portanto, recomenda-se nesse estudo o uso da abordagem de modelos com efeitos mistos e, além disso, a estimulação por outras pesquisas que testem alternativas para redução de erros nas estimativas de afilamento do fuste das árvores.

CONCLUSÃO

A modelagem com efeitos mistos apresentou os resultados mais acurados em comparação com às demais abordagens avaliadas e não apresentou tendência de erros em nenhuma posição do fuste. A abordagem utilizando a restrição algébrica provocou aumento nos erros das estimativas de diâmetros próximos à base, portanto, não é recomendada para o aumento da acurácia das predições do afilamento das árvores de *Pinus taeda* quando são utilizados dados de cubagem indireta com diâmetros coletados até a altura do fuste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares CA et al. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6): 711-728.
- Andrade VCL (2014). Modelos de taper do tipo expoente-forma para descrever o perfil do fuste de árvores. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 34(80): 271-283.
- Auguie B (2017). gridExtra: Miscellaneous Functions for “Grid” Graphics. R package version 2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=gridExtra>. Acesso em: 01/10/2021.
- Burkhardt HE, Tomé M (2012). *Modeling Forest Trees and Stands*. New York: Springer.
- Cao QV (2009). Calibrating a segmented taper equation with two diameter measurements. *Southern Journal of Applied Forestry*, 33(2): 58 - 61.
- Curto RA et al. (2019). Cubagem de árvores em pé com dendrômetro óptico em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. *Pesquisa florestal brasileira*, 39: 1-11.

- Ferraz Filho AC et al. (2018). Height-diameter models for eucalyptus sp. plantations in Brazil. *Cerne*, 24(1): 9–17.
- IBÁ (2020). Indústria Brasileira de Árvores. Relatório da IBÁ 2020, ano base 2019.
- IBGE (2021) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/irati/panorama>. Acesso em: 01/10/2021.
- Kohler SV et al. (2016). Evolution of tree stem taper in *Pinus taeda* stands. *Ciência Rural*, 46(7): 1185-1191.
- Kozak A (1988) Effects of upper stem measurements on the predictive ability of a variable exponent taper equation. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 1078 - 1083.
- Liu Y et al. (2020). Tree profile equations are significantly improved when adding tree age and stocking degree: an example for *Larix gmelinii* in the Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia, northeast China. *European Journal of Forest Research*, 139(3): 443-458.
- Nicoletti MF et al. (2015). Metodologia não destrutiva para quantificação do volume e biomassa do fuste em remanescente florestal. *Nativa*, 3(2): 287-291.
- Oliveira XM (2020). Manejo e seu efeito na forma, estrutura e crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* no sul do Brasil. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras (Tese), Lavras. 188p.
- Oliveira XM, Mayrinck RC (2021). Equações volumétricas mistas para árvores de *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos, no Paraná. Zuffo AM et al. (org.). *Pesquisas Agrárias e Ambientais: volume VI*. Nova Xavantina: Pantanal. 15-25p.
- Oliveira XM et al. (2018). Volume equations for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(4): 3285-3298.
- Pinheiro JC, Bates DM (2000). *Mixed-Effects Models in Sand S-PLUS*. New York, NY: Springer New York (Statistics and Computing).
- Pinheiro J et al. (2016). nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. Disponível em: <https://cran.rproject.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>. Acesso em: 01/10/2021.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01/10/2021.
- Ribeiro JR, Andrade JCL (2016). Equações de perfil do tronco para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh no Centro-sul Tocantinense. *Floresta e Ambiente*, 23(4): 534-543.
- Rodil M et al. (2017) Effects of Measurement Error in Total Tree Height and Upper-Stem Diameter on Stem Volume Prediction. *Forest Science, Lawrence*, 63(3): 250–260.
- Santos GM et al. (2021). Modelagem mista generalizada para estimar afiletamento do fuste de árvores de *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos de plantio. *Advances in Forestry Science*, 8(1): 1261-1269.

- Scolforo HF et al. (2018a) Comparison of taper functions applied to eucalypts of varying genetics in Brazil: Application and evaluation of the penalized mixed spline approach. *Canadian Journal of Forest Research*, 1: cjfr-2017-0366.
- Scolforo HF et al. (2018b). Generalized stem taper and tree volume equations applied to eucalyptus of varying genetics in Brazil. *Canadian Journal of Forest Research*, 49: 447-462.
- Souza CAM et al. (2008). Avaliação de modelos de afilamento segmentados na estimação da altura e volume comercial de fustes de *Eucalyptus* sp. *Árvore*, 32(3): p.453-463.
- Téo SJ et al. (2013). Modelos de afilamento para *Pinus elliottii* em diferentes idades, na região de Caçador, SC. *Floresta*, 43(3): 439-452.
- Wickham H (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>. Acesso em: 01/10/2021.

Índice Remissivo

C

canafístula, 92, 93, 94, 95, 96, 97
Cokrigagem, 80
conforto térmico, 59, 60, 61, 62, 71
Coriza, 17

D

Desertificação, 43, 44, 45, 46, 47, 48

E

Efeitos mistos, 10

G

Geoestatística, 91
Geoprocessamento, 53
Gilbués, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 55

I

índice de qualidade de Diskson, 94
índice de temperatura de globo e umidade, 62

K

Krigagem, 79

M

metabasalto, 98, 100, 101, 102, 103
milho, 98, 99, 100, 101, 102, 103

N

nitrogênio, 92, 95, 96

R

rochagem, 98

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 158 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 126 resumos simples/expandidos, 63 organizações de e-books, 39 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 67 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 44 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

