

ALAN MARIO ZUFFO
JORGE GONZÁLEZ AGUILERA
ORGANIZADORES

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume VI



Pantanal Editora

2021

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
VOLUME VI



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	Instituição
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior	IF SUDESTE MG
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. Msc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. Msc. João Camilo Sevilla	Mun. Rio de Janeiro
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira	Mun. de Chap. do Sul
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris ArgenteL-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patricia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo	UEMA
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	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 VI / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 133p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88319-79-6

DOI <https://doi.org/10.46420/9786588319796>

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



Pantanal Editora

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.

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 VI” 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: regressão quantílica na classificação de sítios florestais em povoamentos de *Pinus elliottii*, equações volumétricas mistas para árvores de *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos, substratos para a produção de mudas de coentro, correlações e análise de trilha na qualidade de sementes de soja oriundas de plantas cultivadas em solos com diferentes níveis de fertilidade nitrogenada, desempenho agrônômico de duas cultivares de rúcula sob densidades de semeadura em sistema hidropônico, serraria e secagem da madeira: uma revisão, redes neurais artificiais aplicadas na estimativa da altura total de *Eucalyptus* sp., as espécies de *Desmodium* (Leguminosae) no herbário da Amazônia Meridional: potencialidades a pecuária, germinação de sementes armazenadas de *Hesperozygis ringens* (Benth.) Epling, micoparasitismo no controle biológico da ferrugem Asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), componentes produtivos de soja são influenciados por diferentes tipos de irrigação, e efectos de los oligogalacturónidos y sustrato orgánico en el comportamiento morfoproductivo de la habichuela Lina (*Vigna unicalata* L.). 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 VI, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book 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.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera


SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I	6
Uso da regressão quantílica na classificação de sítios florestais em povoamentos de <i>Pinus elliottii</i> , no Uruguai.....	6
Capítulo II	15
Equações volumétricas mistas para árvores de <i>Pinus taeda</i> em diferentes espaçamentos, no Paraná... 15	
Capítulo III	26
Substratos para a produção de mudas de coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L. cv. Português)	26
Capítulo IV	33
Correlações e análise de trilha na qualidade de sementes de soja oriundas de plantas cultivadas em solos com diferentes níveis de fertilidade nitrogenada.....	33
Capítulo V	42
Desempenho agrônômico de duas cultivares de rúcula sob densidades de semeadura em sistema hidropônico no município de Uruçuí-PI	42
Capítulo VI	52
Serraria e Secagem da Madeira: Uma Revisão	52
Capítulo VII	63
Redes neurais artificiais aplicadas na estimativa da altura total de <i>Eucalyptus</i> sp.	63
Capítulo VIII	78
As espécies de <i>Desmodium</i> (Leguminosae) no Herbário da Amazônia Meridional: potencialidades a pecuária na região de Alta Floresta, Mato Grosso.....	78
Capítulo IX	96
Germinação de sementes armazenadas de <i>Hesperozygis ringens</i> (Benth.) Epling	96
Capítulo X	102
Micoparasitismo no Controle Biológico da Ferrugem Asiática da Soja (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>).....	102
Capítulo XI	110
As características agrônômicas da soja são influenciadas pelo tipo de irrigação e aplicação de doses de potássio	110
Capítulo XII	119
Efectos de los oligogalacturónidos y sustrato orgánico en el comportamiento morfoproductivo de la habichuela Lina (<i>Vigna unicalata</i> L.).....	119
Índice Remissivo	131
Sobre os organizadores	133

Equações volumétricas mistas para árvores de *Pinus taeda* em diferentes espaçamentos, no Paraná

Recebido em: 27/06/2021

Aceito em: 29/06/2021

 10.46420/9786588319796cap2

Ximena Mendes de Oliveira^{1*} 

Rafaella Carvalho Mayrinck² 

INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus* é o segundo mais plantado no Brasil e o mais plantado nos estados do Paraná e Santa Catarina (IBÁ, 2020). De acordo com IBÁ (2019), os setores de principais uso das madeiras advindas desses povoamentos são: indústria madeireira, celulose e papel, painéis reconstituídos e lenha industrial. Dentro do gênero *Pinus*, a espécie *Pinus taeda* L. se destaca como uma das mais plantados no Brasil (Shimizu et al., 2018), podendo alcançar até 20 m de altura total e 100 cm de diâmetro a 1,3 m do solo (diâmetro à altura do peito - dap) (Marchiori, 2005).

Dada a importância das espécies de *Pinus* no cenário nacional, torna-se imprescindível o conhecimento do volume do fuste das árvores. O volume, muitas vezes, é a principal informação de um inventário florestal (Soares et al., 2011), possibilitando conhecer o potencial de uma área (Pelissari et al., 2011) e realizar prognoses da produção de madeira (Thomas et al., 2006; Silvestre et al., 2014).

A determinação do volume, por meio da cubagem direta ou indireta, requer mensuração de diâmetros ao longo do fuste da árvore (Soares et al., 2011). Por ser um processo oneroso, é comum a determinação do volume para algumas árvores do povoamento e o uso de modelos de regressão para estimar o volume das demais árvores (Oliveira et al., 2018). Os modelos volumétricos podem ser de simples ou dupla entrada. Nos modelos de simples entrada, o volume é explicado em função da variável dap e nos modelos de dupla entrada em função das variáveis dap e da altura total (Almeida et al., 2020).

Na literatura há diversos estudos sobre modelos volumétricos para espécies do gênero *Pinus*. Por exemplo, para *Pinus elliottii* (Silva et al., 2000), *Pinus oocarpa* (Machado et al., 2002; Machado et al., 2005), *Pinus pinaster* e *Pinus caribaea* (Freire et al., 2003) e *Pinus tecunumanii* (Pelissari et al., 2011). Há também estudos com a espécie *Pinus taeda* (Silvestre et al., 2014; Santos et al., 2019; Stefanello et al., 2021), entretanto, nenhum deles utilizou a modelagem mista para estimar o volume de árvores de *Pinus taeda* como está sendo proposto no presente estudo.

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

² Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva (FAIT). Rodovia Francisco Alves Negrão, Km 285, CEP: 18412-000, Itapeva, SP, Brasil.

* Autora correspondente: ximena@unicentro.br

A modelagem mista é vantajosa em relação à modelagem fixa, pois garante maior flexibilidade para descrever a variável resposta. Por meio da modelagem mista, é possível diferenciar fatores que impactam diretamente a média da população, caracterizados como de efeito fixo, de fatores que afetam indivíduos ou grupos de indivíduos, caracterizados como de efeito aleatório. Isto garante maior robustez, precisão e generalidade ao modelo (Sharma et al., 2007; Bronisz et al., 2020). Por exemplo, Scolforo et al. (2018) obtiveram equações de afilamento mistas generalizadas para árvores de quatro diferentes famílias genéticas de eucalipto no estado do Mato Grosso do Sul, utilizando efeitos aleatórios em nível de árvore.

Neste contexto, o objetivo do estudo foi comparar modelos volumétricos de simples e dupla entrada, utilizando ajustes de efeito fixo e efeito misto (árvores como efeito aleatório). Os modelos foram ajustados em nível de talhão, considerando os espaçamentos de plantio de 4 m x 2 m e 3 m x 2 m e dados de cubagem de árvores de *Pinus taeda*, localizadas em Irati, Paraná, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e descrição dos dados

Os dados foram coletados em uma floresta plantada localizada em Irati, Paraná, Brasil (25°27'56" de latitude sul e 50°37'51" de longitude oeste), no *Campus* de Irati da Universidade Estadual do Centro-Oeste. O clima da região é o temperado úmido com verão temperado (Cfb). Essa classificação climática abrange 2,6 % do território nacional e 37 % do território estadual do Paraná, na região conhecida como Planalto das Araucárias (Alvares et al., 2013). O clima Cfb é caracterizado por apresentar chuvas uniformemente distribuídas ao longo do ano, temperatura média máxima de 22 °C, mínima de -3°C e média de 18°C. Há ocorrência frequente de geadas no inverno (IBGE, 2021).

O plantio experimental é composto por árvores de *Pinus taeda*, em cinco talhões com diferentes espaçamentos de plantio (3 m x 3 m; 3 m x 2 m; 4 m x 2 m; 2 m x 2,5 m; 2 m x 2 m). O experimento foi implantado em 2003 e a coleta de dados foi realizada em 2020, quando as árvores tinham, aproximadamente, 17 anos. Para este estudo, foram coletados dados de dois talhões, o primeiro com espaçamento 4 m x 2 m e área de 1,12 ha e o segundo com espaçamento 3 m x 2 m e área de 0,76 ha.

Dados do inventário florestal realizado em 2019, totalizando 11 parcelas de 300 m², foram considerados para conhecer a distribuição diamétrica dos dois talhões. A partir dessa informação, 60 árvores foram cubadas de forma indireta com o dendrômetro óptico Criterion RD 1000. Os estudos de Nicoletti et al. (2015), Oliveira et al. (2018) e Curto et al. (2019) validaram a eficácia da cubagem indireta com o Criterion RD 1000.

O critério adotado na cubagem das 60 árvores foi a divisão uniforme por talhão (30 árvores em cada) e a coleta uniforme em relação às classes diamétricas, com amplitude de 4 cm. O talhão 1 (4 m x 2 m) apresentou seis classes de diâmetro, variando de 13 cm a 37 cm. O talhão 2 (3 m x 2m) 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.

A cubagem indireta foi realizada por um único operador e, para calibrar o Criterion RD 1000, foi adotada a mensuração direta com a suta, de forma simultânea, nos diâmetros do fuste localizados nas alturas de 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 apenas de forma indireta, a cada 1 m. As variáveis obtidas 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. Com essas variáveis, o método de Smalian foi aplicado e o volume individual das árvores (vol) em m³ foi obtido. A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos dados de dap, ht e vol das 60 árvores cubadas.

Tabela 1. Estatística descritiva dos dados de dap (cm), ht (m) e vol (m³) no talhão 1 (4 m x 2 m) e no talhão 2 (3 m x 2 m).

Talhão 1 (4 m x 2 m)					
Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)
dap (cm)	13,0	35,4	24,9	6,6	26,5
ht (m)	15,1	24,5	21,3	2,3	10,8
vol (m ³)	0,1322	1,1508	0,5584	0,3129	56,0
Talhão 2 (3 m x 2 m)					
Variável	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)
dap (cm)	13,0	32,4	22,9	5,7	24,9
ht (m)	18,0	24,4	21,2	1,5	7,1
vol (m ³)	0,1223	1,0367	0,4905	0,2613	53,3

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

Modelos volumétricos e abordagens de ajuste

Quatro modelos volumétricos foram utilizados, sendo dois modelos de simples entrada (1) e (2) e dois modelos de dupla entrada (3) e (4). Os modelos utilizados são conhecidos como Kopecky-Gehrhardt (1), Meyer (2), Schumacher e Hall linearizado (3) e Spurr (4) e são amplamente utilizados na literatura (Oliveira et al., 2018; Vendruscolo et al., 2014; Silva et al., 2016).

$$\text{vol} = (\beta_0 + b_0) + \beta_1 \text{dap}^2 + \epsilon$$

(1)

$$\ln(\text{vol}) = (\beta_0 + b_0) + \beta_1 \ln(\text{dap}) + \epsilon$$

(2)

$$\ln(\text{vol}) = (\beta_0 + b_0) + \beta_1 \ln(\text{dap}) + \beta_2 \ln(\text{ht}) + \epsilon$$

(3)

$$\text{vol} = (\beta_0 + b_0) + \beta_1 \text{dap}^2 \text{ht} + \epsilon$$

(4)

em que: \ln = logaritmo neperiano; β_0 , β_1 e β_2 = coeficientes fixos; b_0 = coeficiente aleatório em nível de árvore individual; ε = erro aleatório. Demais variáveis foram descritas anteriormente.

Duas abordagens de ajuste foram consideradas: a) Fixa - abordagem fixa por talhão, na qual o coeficiente b_0 não foi considerado; b) Mista - abordagem mista por talhão, na qual o coeficiente b_0 foi considerado. Combinando os 4 modelos, as 2 abordagens de ajuste e os 2 talhões, 16 equações foram geradas.

Processamento e avaliação das estimativas

O processamento foi realizado no *software* R (R Core Team, 2021). O pacote *ggplot2* (Wickham, 2016) foi utilizado para gerar os gráficos e o pacote *nlme* (Pinheiro et al., 2016) foi utilizado para ajustar os modelos com efeitos mistos.

Para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos volumétricos foram gerados gráficos 1:1, de modo que, valores mais próximos da linha diagonal apresentam estimativas mais acuradas. Para avaliar a qualidade das predições, as estatísticas utilizadas foram a raiz do erro quadrático médio (RMSE - *Root Mean Squared Error*, expressão 5) e o erro médio absoluto (MAE - *Mean Absolute Error*, expressão 6).

$$RMSE(m^3) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (vol_{obs.} - vol_{est.})^2}{n}}$$

(5)

$$MAE(m^3) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |vol_{obs.} - vol_{est.}|$$

(6)

em que: n = número de observações; $vol_{obs.}$ = volume individual das árvores obtido pela cubagem; $vol_{est.}$ = volume individual das árvores obtido pelo modelo ajustado.

A validação da metodologia, resultante da combinação entre o melhor modelo e a melhor abordagem de ajuste, foi considerada. Para este fim, foi utilizado o método *Bootstrap* não paramétrico com reposição (Efron, 1982), considerando um total de 100 amostras aleatórias. Essa técnica vem sendo utilizada em outros estudos para possibilitar a validação (Scolforo et al., 2018; Hall et al., 2019) evitando separar a base de dados em uma base de ajuste e uma base de validação. Essas amostras aleatórias permitiram estimar a distribuição amostral das estatísticas (MAE e RMSE) e gerar medidas de qualidade dos ajustes.

RESULTADOS

Os modelos foram ajustados, utilizando as abordagens de efeitos fixos e efeitos mistos em nível de talhão. Os coeficientes fixos ajustados estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Coeficientes fixos das equações ajustadas utilizando as duas abordagens de ajuste em nível de talhão.

Talhão 1 (4 m x 2 m)					
Abordagem de ajuste	Coeficientes fixos	Modelos volumétricos			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Fixa	β_0	-0,07586*	-8,25840*	-9,91165*	-0,01417 ^{NS}
	β_1	0,00096*	2,35520*	2,08414*	0,00004*
	β_2	-	-	0,82369*	-
Mista	β_0	-0,07579*	-8,25844*	-9,91165*	-0,01417 ^{NS}
	β_1	0,00096*	2,35517*	2,08414*	0,00004*
	β_2	-	-	0,82369*	-
Talhão 2 (3 m x 2 m)					
Abordagem de ajuste	Coeficientes fixos	Modelos volumétricos			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Fixa	β_0	-0,05254*	-7,93088*	-9,57435*	-0,00759 ^{NS}
	β_1	0,00097*	2,27742*	2,12352*	0,00004*
	β_2	-	-	0,69533*	-
Mista	β_0	-0,05254*	-7,93088*	-9,57435*	-0,00759 ^{NS}
	β_1	0,00097*	2,27742*	2,12352*	0,00004*
	β_2	-	-	0,69533*	-

* coeficientes significativos para $\alpha= 5\%$; ^{NS} coeficientes não significativos para $\alpha= 5\%$.

Apenas a equação (4) apresentou coeficiente fixo não significativo, considerando o nível de significância de $\alpha= 5\%$. Para o talhão 1, os coeficientes fixos dos modelos (1) e (2) diferiram entre as duas abordagens de ajuste e os coeficientes fixos dos modelos (3) e (4) não diferiram entre as duas abordagens de ajuste. Para o talhão 2, os coeficientes fixos de todos os modelos não diferiram entre as duas abordagens de ajuste.

Na abordagem mista, o coeficiente aleatório b_0 , considerou o nível de árvore individual, ou seja, 30 valores de b_0 foram obtidos para o ajuste em cada talhão. A Tabela 3 contém o valor mínimo, valor máximo e desvio padrão do coeficiente aleatório b_0 , considerando os quatro modelos na abordagem de ajuste mista.

Tabela 3. Valor mínimo, valor máximo e desvio padrão do coeficiente aleatório b_0 obtido na abordagem de ajuste misto, em nível de árvore.

Talhão	Modelo	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1 (4 m x 2 m)	(1)	-0,08519	0,06681	0,03829
	(2)	-0,14855	0,17045	0,07857
	(3)	-0,16175	0,10128	0,06065
	(4)	-0,05989	0,06284	0,02908
2 (3 m x 2 m)	(1)	-0,08878	0,06721	0,03407
	(2)	-0,13647	0,06906	0,05537
	(3)	-0,10779	0,05918	0,04816
	(4)	-0,07960	0,05207	0,03026

A avaliação das estimativas não foi considerada para o modelo (4), pois ele foi desconsiderado por apresentar o intercepto não significativo para $\alpha = 5\%$ (Tabela 2) nos ajustes para os dois talhões. Para os demais modelos, a avaliação das estimativas do volume individual das árvores foi realizada, inicialmente, com a análise dos gráficos 1:1 (Figura 1). Independente do modelo utilizado e do talhão, é possível observar que a abordagem de ajuste misto apresentou valores mais próximos da linha diagonal, indicando melhores estimativas.

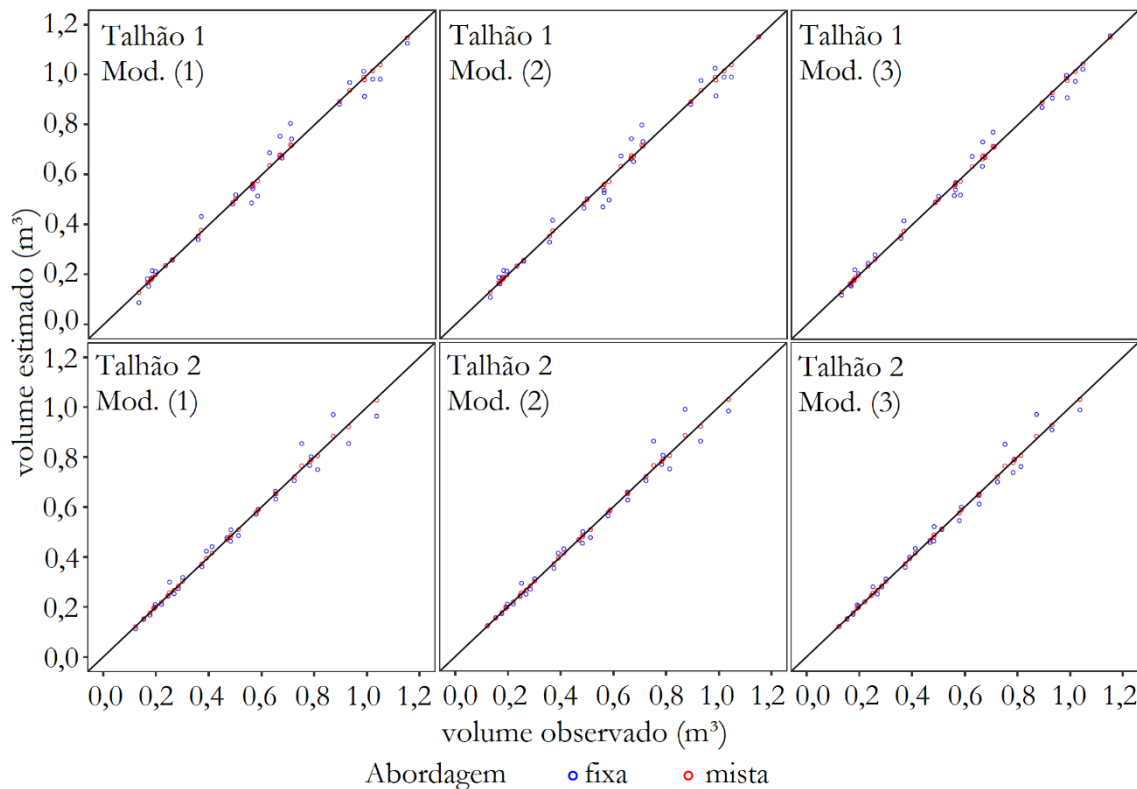


Figura 1. Comportamento dos valores observados de volume individual das árvores (m^3) em relação aos valores estimados pelas equações ajustadas (1), (2) e (3), nos talhões 1 e 2, considerando a abordagem de ajuste de efeitos fixos (em azul) e a abordagem de ajuste de efeitos mistos (em vermelho).

As predições dos modelos (1), (2) e (3), nos dois talhões e considerando as duas abordagens de ajuste, foram avaliadas em relação ao RMSE e MAE (Tabela 4). O modelo de dupla entrada (3) foi superior aos modelos de simples entrada (1 e 2), independente do talhão e da abordagem de ajuste. Nos dois talhões, a abordagem mista apresentou menores valores de RMSE e MAE em comparação à abordagem fixa. Desta forma, a combinação do modelo (3) com a abordagem mista foi selecionada para os dois talhões.

Tabela 4. Estatísticas de avaliação das estimativas das equações ajustadas nos dois talhões, utilizando as duas abordagens de ajuste.

Talhão	Abordagem de ajuste	Estatísticas	Modelos volumétricos		
			(1)	(2)	(3)
1 (4 m x 2 m)	Fixa	RMSE	0,0429	0,0425	0,0333
		MAE	0,0332	0,0330	0,0253
	Mista	RMSE	0,0053	0,0053	0,0041
		MAE	0,0041	0,0041	0,0031
2 (3 m x 2 m)	Fixa	RMSE	0,0382	0,0391	0,0342
		MAE	0,0268	0,0264	0,0234
	Mista	RMSE	0,0047	0,0047	0,0041
		MAE	0,0033	0,0032	0,0029

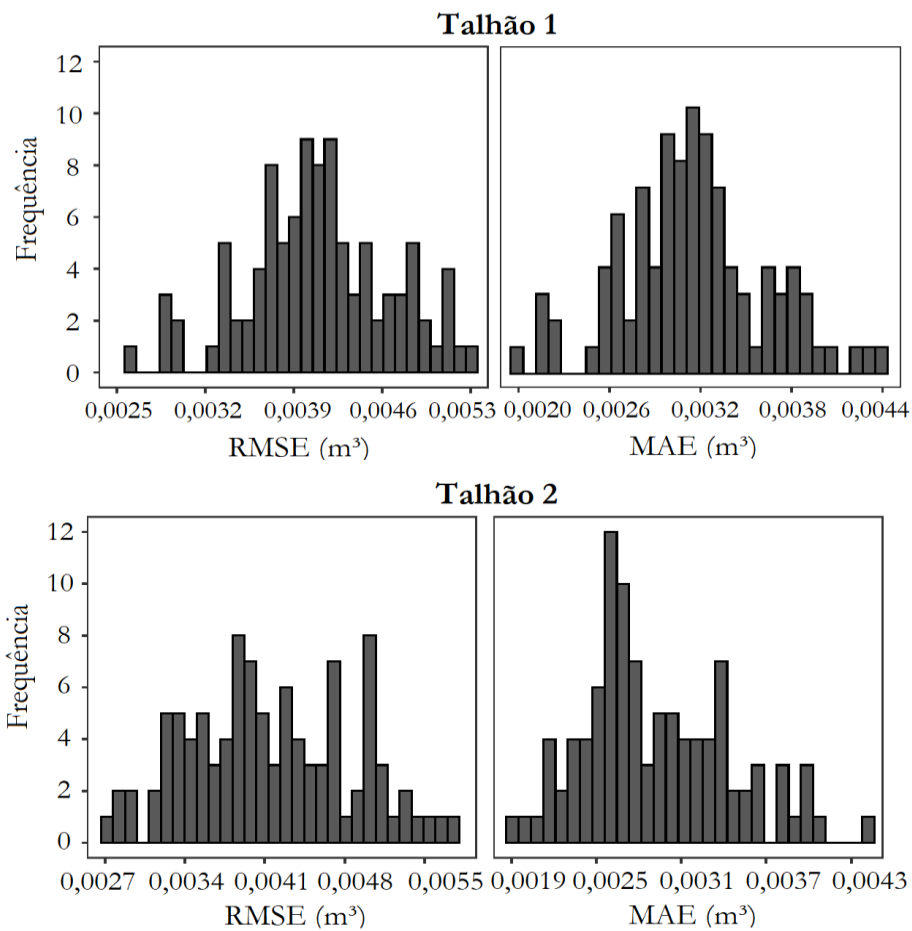


Figura 2. Distribuição amostral das estatísticas MAE e RMSE, considerando 100 amostras aleatórias pelo método *Bootstrap* não paramétrico com reposição.

A validação da equação selecionada nos dois talhões foi realizada com 100 amostras aleatórias pelo método *Bootstrap* não paramétrico com reposição. A distribuição amostral das estatísticas (MAE e RMSE) estão representadas na Figura 2. A validação indicou alta precisão e baixo viés associado às estimativas, uma vez que as estatísticas MAE e RMSE exibiram variabilidade em intervalos de comprimentos curtos.

DISCUSSÃO

Neste estudo, o modelo de dupla entrada apresentou maior acurácia em relação aos de simples. Similarmente, Pertille et al. (2018), estudando povoamentos de *Pinus taeda* em Telêmaco Borba-PR, Brasil, compararam 8 modelos de simples e dupla entrada e concluíram que os modelos de simples entrada foram os que pior se ajustaram a base de dados. Da mesma forma, Sherrill et al. (2011) concluíram que modelos de dupla entrada tiveram maior acurácia nas estimativas de volume de árvores em talhões de *Pinus taeda*, na costa sudoeste dos EUA. A superioridade das equações de dupla entrada em comparação às de simples entrada é esperada, uma vez que duas variáveis (dap e altura total) apresentam maior capacidade de detectar variações da forma no fuste das árvores (Thiersch et al., 2006).

A forma com que estas duas variáveis são arrançadas em um modelo, influencia no desempenho deste modelo, por isso a importância de testar diversos modelos, considerando as diferentes realidades do contexto florestal. Assim, o melhor modelo para descrever a variável resposta volume varia com as diversas situações e campo, tais como tratos silviculturais, material genético, e variáveis edafoclimáticas (Machado et al., 2002, Pelissari et al., 2011; Silvestre et al., 2014, Cardoso et al., 2013). Por exemplo, Silvestre et al. (2014) testaram 33 modelos para descrever o volume de um povoamento de *Pinus taeda* em Lajes-SC, Brasil, e selecionaram 5 (Prodan I, Stoate (Deusen 1981), Meyer (compreensiva), Näslund (Spruce) e Takata). Keller et al. (2006) testaram os modelos de Prodan modificado, Schumacher e Hall, Spurr logaritmizado, Stoate, Näslund e Meyerusaram e selecionaram o modelo de Prodan para descrever o volume de *Pinus taeda* na Argentina. No caso deste estudo, o modelo de Spurr foi descartado devido ao fato do intercepto não ser significativo, considerando um nível de significância de 5 %. Entretanto, o modelo de Spurr foi o que melhor se ajustou aos dados de *Pinus taeda* para povoamentos nos EUA (Sherrill et al., 2011) e em Cidreira-RS, Brasil (Mazzonetto et al., 2012) entre 5 modelos testados.

No presente estudo, o melhor modelo foi o de Schumacher e Hall. A forma logaritmizada deste modelo tem apresentado grande aceitação por diversos estudos (Campos et al., 2013), já que a logaritmização reduz a heterogeneidade da variância dos volumes (Dacosta 2008). Por exemplo, Dacosta (2008) testaram 8 modelos para ajustar dados de volume para *Pinus taeda* na Argentina e concluíram que Schumacher e Hall foi o melhor. Thomas et al. (2006) também selecionaram Schumacher e Hall entre 9 modelos testados para descrever o volume total, com e sem casca, de um povoamento de *Pinus taeda* em Ponte Alta do Norte-SC, Brasil. Pertille et al. (2018) testaram 8 equações e também concluíram que Schumacher e Hall foi o melhor modelo para descrever o volume de árvore de *Pinus taeda* em povoamentos com diferentes idades, em Telêmaco Borba-PR, Brasil. Rodrigues et al. (2017) testaram 6 equações para povoamentos de *Pinus taeda* em Quedas do Iguaçu-PR, Brasil, e também concluíram que o melhor modelo volumétrico foi o de Schumacher e Hall e que uma única equação representou bem talhões de idade entre 7 e 10 anos.

O fato de que o modelo de Schumacher e Hall tenha sido apontado como o melhor modelo neste estudo e em vários outros, não significa que melhorias não possam ser introduzidas. Neste estudo, a

modelagem mista utilizando o modelo de Schumacher e Hall foi testada pela primeira vez em talhões de *Pinus taeda* com espaçamentos de 4 m x 2 m e 3 m x 2 m no estado do Paraná, Brasil. A técnica da modelagem mista garante generalidade e precisão, de forma simultânea, aumentando a flexibilidade do modelo e trazendo ganho à acurácia das estimativas.

A busca por técnicas que melhorem a modelagem de *Pinus taeda* é muito importante, devido à significativa participação atual da espécie no cenário nacional e internacional. Com as mudanças climáticas, uma melhor modelagem se torna crucial, haja visto que os plantios de *Pinus taeda* estarão ainda mais sujeitos às intempéries climáticas. É previsto que as temperaturas aumentem e eventos de seca sejam mais comuns (Lyra et al. 2018; Dubreuil, 2019). Desta forma, modelos mais precisos poderão auxiliar em programas de melhoramento genético buscando selecionar indivíduos mais adaptados à tais condições climáticas.

CONCLUSÃO

Neste estudo, conclui-se que o modelo de dupla entrada de Schumacher e Hall foi o mais acurado entre os quatro testados para estimar volume de árvores da espécie *Pinus taeda*, plantadas nos espaçamentos 4 m x 2 m e 3 m x 2 m. Além disso, concluiu-se que a abordagem de ajuste de efeitos mistos proporcionou ganhos significativos em acurácia das estimativas em comparação à abordagem tradicional que considera somente o ajuste de efeitos fixos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida MRD et al. (2020) Ajuste e seleção de modelos volumétricos de espécies comerciais no município de Ipixuna (PA). Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 13(1): 259-278.
- Alvares CA et al. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, 22(6): 711-728.
- Bronisz K et al. (2020) Mixed-effects generalized height–diameter model for young silver birch stands on post-agricultural lands. Forest Ecology and Management, 460: 117901.
- Campos JC et al. (2013) Mensuração Florestal: perguntas e respostas. 4 ed. Viçosa: UFV. 305p.
- Cardoso DJ et al. (2013). Influence of spacing regimes on the development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Southern Brazil. Forest Ecology and management, 310: 761-769.
- 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, e201801646.
- Dacosta LPE (2008) Relações biométricas em povoamento jovens de *Pinus taeda* L. na Província de Corrientes, República Argentina. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria (Tese), Santa Maria. 128p.

- Dubreuil V et al. (2019). Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. *International Journal of Climatology*, 39(3): 1446-1456.
- Efron B (1982) *The jackknife, the bootstrap and other resampling plans*. Philadelphia, Penn.: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Freire J et al. (2003) Equação de volume local para a *Pinus pinaster* Aiton na Serra da Lousã. *Silva Lusitana*, Lisboa, 11(2): 207-215.
- Hall KB et al. (2019) A Growth and Yield Model for *Eucalyptus benthamii* in the Southeastern United States. *Forest Science*, 1(1): 1-13.
- IBÁ (2019). Indústria Brasileira de Árvores. Relatório da IBÁ 2019, ano base 2018.
- IBÁ (2020). Indústria Brasileira de Árvores. Relatório da IBÁ 2020, ano base 2019.
- IBGE (2021) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/irati/panorama>.
- Keller A et al. (2006) Estimación del volumen con corteza de árboles individuales de *Pinus taeda* L. para las zonas alta y norte de la Provincia de Misiones, Argentina. *Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales*, 1-11.
- Lyra A et al. (2018) Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic eta regional climate model at 5-km resolution. *Theoretical and applied climatology*, 132(1): 663-682.
- Machado SA et al. (2005) Comparação de métodos de estimativa de volume para *Pinus oocarpa* em diferentes idades e diferentes regimes de desbastes. *Boletim da Pesquisa Florestal*, 50: 81-98.
- Machado AS et al. (2002) Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 4(2): 185-197.
- Marchiori JNC (2005) *Dendrologia das gimnospermas*. 2 ed. Santa Maria: UFSM.
- Mazzonetto CR et al. (2012) Avaliação de modelos na estimativa de volume de *Pinus taeda* Loblolly Pine. In: Congresso Florestal Estadual do RS e 2º Seminário Mercosul da Cadeia Madeira. Nova Prata: UFSM/DCFL, 562-567.
- 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 et al. (2018) Volume equations for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(4): 3285-3298.
- Pelissari AL et al. (2011) Modelos volumétricos para *Pinus* tropicais, em povoamento homogêneo, no Estado de Rondônia. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(67): 173-173.
- Pertille CT et al. (2018). Volume prediction through form factor and regression models by age class for *Pinus taeda* L. *Advances in Forestry Science*, 5(3): 431-436.
- Pinheiro J et al. (2016). *Nlme: Linear and nonlinear mixed effects models*. Disponível em: <https://cran.rproject.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>

- 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/>.
- Rodrigues CK et al. (2017). Identidade de modelos hipsométricos e volumétricos de povoamentos de *Pinus* com diferentes idades submetidos ao desbaste mecanizado. *Biofix Scientific Journal*, 2(1): 54-59.
- Santos RMM (2019) Modelos de volume e afilamento para florestas de *Pinus taeda* L. *Biofix Scientific Journal*, 4(1): 35-42.
- Scolforo HF et al. (2018) 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.
- Sharma M et al. (2007) Height-diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *Forest Ecology and Management*, 249(3): 187-198.
- Sherrill JR et al. (2011). Total and merchantable stem volume equations for midrotation loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Southern Journal of Applied Forestry*, 35(3): 105-108.
- Shimizu J et al. (2018) Esforço cooperativo para suporte à silvicultura de pinus no Brasil. In: Encontro Brasileiro De Silvicultura, Brasília, DF.
- Silva LF et al. (2016) Equações hipsométricas volumétricas e de crescimento para *Khaya ivorensis* plantada em Pirapora. *Floresta e Ambiente*, 23(3): 362-368.
- Silva JAA et al. (2000) Modelagem volumétrica de *Pinus elliottii* Engelm., no Planalto do Estado de Santa Catarina. *Revista Árvore*, 24(1): 91-96.
- Silvestre R et al. (2014). Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. *Nativa*, 2(1): 1-5.
- Soares CPB et al. (2011) Dendrometria e inventário florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV. 272p.
- Stefanello FR et al. (2021) Preussner functions for volume estimation of *Pinus taeda* L. in Southern Brazil. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 51(4): 1-25.
- Thiersch CR et al. (2006) Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de *Eucalyptus* sp. *Cerne*, 12 (2): 167-181.
- Thomas C et al. (2006) Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. *Ciência Florestal*, 16(3): 319-327.
- Vendruscolo DGS et al. (2014) Modelos volumétricos para teca em diferentes espaçamentos em Cáceres, Mato Grosso. *Enciclopédia Biosfera*, 10(19): 1333-1341.
- Wickham H (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>.

ÍNDICE REMISSIVO

A

altura de plantas, 27, 29, 31, 32, 48
 aprendizagem, 65, 66, 70
 armazenamento, 41, 96, 97, 98, 99, 100, 101

B

biodiversidade, 78
 bioproductos, 122, 127

C

Cachaza, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128
 clima, 6, 7, 16, 26, 34, 43, 96, 110, 111
 coentro, 4, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
 correlación, 120, 122, 126, 127, 128
 curvas anamórficas, 7, 8

D

densidades, 4, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49
 desdobro, 56, 57, 58, 60, 61, 62
 desempenho, 4, 22, 43, 46, 47, 48, 49, 58, 66,
 67, 68, 70, 72, 76, 79, 110, 111, 114, 117
Desmodium, 4, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87,
 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94
 deterioração, 96, 98, 99

E

efeito misto, 16
 envelhecimento acelerado, 33, 35, 38, 39, 40
Eruca sativa M., 42

F

fORAGEIRAS, 79, 80, 87, 88, 90, 92, 93, 94

G

germinação, 4, 33, 35, 36, 38, 39, 44, 96, 97, 98,
 99, 100, 101, 105, 113, 117

H

habichuela, 4, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126,
 127, 128, 129
 HERBAM, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 90, 91, 94
Hesperozygis ringens, 4, 96, 97, 100, 101
 hidroponia, 42, 43, 44, 48

I

índice de sítio, 7, 8, 10, 14
 Intensidade Amostral, 70, 72
 irrigação, 4, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117,
 118

L

Lecanicillium muscarium, 107
 leguminosas, 78, 79, 90, 92, 93, 94, 103, 119

M

magnetismo, 117
 maquinário, 56
Metarhizium, 105, 107
 micoparasitismo, 4, 102, 104
 modelo hipsométrico, 64, 69, 71, 72, 76
 modelos de dupla entrada, 15, 17, 22
 modelos de simples entrada, 15, 17, 20, 22
 mudas, 4, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 44, 50, 51,
 117, 118

N

nitrogênio, 33, 34, 41, 79, 80, 91, 111

P

plantios florestais, 53
 potássio, 35, 42, 50, 110, 111, 113, 116
 produtos de madeira, 53

R

regressão, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 34, 36,
 40, 64, 77
 regressão quantílica, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
 rendimento, 40, 56, 57, 58, 60, 62, 111

S

Simplicillium lanosoniveum, 105, 107, 109
 soja, 4, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 101, 102,
 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111,
 113, 114, 115, 116, 117, 118
 superdimensionamento da arquitetura da rede,
 67

T

tecnologia, 40, 58, 100

tetrazólio, 33, 35, 36, 38, 39



Trichoderma asperellum, 105, 107, 109

U

ureia, 34

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, 124 resumos simples/expandidos, 59 organizações de e-books, 33 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 62 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 40 organizações de e-books, 25 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

