



A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais 2

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2019

Alan Mario Zuffo
(Organizador)

**A produção do Conhecimento nas Ciências
Agrárias e Ambientais
2**

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P964 A produção do conhecimento nas ciências agrárias e ambientais 2
[recurso eletrônico] / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Produção do
Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-285-2

DOI 10.22533/at.ed.852192604

1. Agronomia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa –
Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Série.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 28 capítulos, com conhecimentos científicos nas áreas agrárias e ambientais.

Os conhecimentos nas ciências estão em constante avanços. E, as áreas das ciências agrárias e ambientais são importantes para garantir a produtividade das culturas de forma sustentável. O desenvolvimento econômico sustentável é conseguido por meio de novos conhecimentos tecnológicos. Esses campos de conhecimento são importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas.

Para alimentar as futuras gerações são necessários que aumente a quantidade da produção de alimentos, bem como a intensificação sustentável da produção de acordo como o uso mais eficiente dos recursos existentes na biodiversidade.

Este volume dedicado às áreas de conhecimento nas ciências agrárias e ambientais. As transformações tecnológicas dessas áreas são possíveis devido o aprimoramento constante, com base na produção de novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, pesquisadores e entusiastas na constante busca de novas tecnologias para as ciências agrárias e ambientais, assim, garantir perspectivas de solução para a produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA DE FEIJÃO-FAVA NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO NORDESTINO

José Tiago Barroso Chagas
Richardson Sales Rocha
Alexandre Gomes de Souza
Helenilson de Oliveira Francelino
Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira
Rafael Nunes de Almeida
Derivaldo Pureza da Cruz
Camila Queiroz da Silva Sanfim de Sant'anna
Mario Euclides Pechara da Costa Jaeggi
Maxwell Rodrigues Nascimento
Paulo Ricardo dos Santos
Marcelo Vivas
Silvério de Paiva Freitas Júnior

DOI 10.22533/at.ed.8521926041

CAPÍTULO 2 9

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA DA FRAMBOESA (*RUBUS IDAEUS L.*). CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA ALEGAÇÃO DE SAÚDE

Madalena Bettencourt da Câmara João
Pedro Borges Ferreira Ana Varela
Coelho
Rui Feliciano
Andreia Bento da Silva
Elsa Mecha
Maria do Rosário Bronze
Rosa Direito
João Pedro Fidalgo Rocha
Bruno Sepodes
Maria Eduardo Figueira

DOI 10.22533/at.ed.8521926042

CAPÍTULO 3 22

COMPARAÇÃO DE CULTIVARES DE ARROZ SUBMETIDOS A INFLUÊNCIA DO ÁCIDO ACÉTICO

Luiz Augusto Salles Das Neves
Raquel Stefanello
Kelen Haygert Lencina

DOI 10.22533/at.ed.8521926043

CAPÍTULO 4 27

COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE COM BASE EM SEIS ÍNDICES ZOOTÉCNICOS NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO

Miliano De Bastiani
Carla Adriana Pizarro Schmidt
Glória Patrica López Sepulveda
José Airton Azevedo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8521926044

CAPÍTULO 5	33
COMPARAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS MÉTODOS DE DIGESTÃO PARA A DETERMINAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SOLOS E PLANTAS	
<i>Júlio César Ribeiro</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
<i>Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho</i>	
<i>Fabiana Soares dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926045	
CAPÍTULO 6	48
COMPARATIVO NA APLICAÇÃO DE ADUBO MINERAL E ORGANOMINERAL NA CULTURA DA ALFACE AMERICANA	
<i>Maria Juliana Mossmann</i>	
<i>Emmanuel Zullo Godinho</i>	
<i>Laércio José Mossmann</i>	
<i>Bruna Amanda Mazzuco</i>	
<i>Vanessa Conejo Matter</i>	
<i>Fernando de Lima Caneppele</i>	
<i>Luís Fernando Soares Zuin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926046	
CAPÍTULO 7	57
COMPORTAMENTO DE ESTACAS DE <i>ALLAMANDA CATHARTICA</i> L. TRATADAS COM ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB)	
<i>Tadeu Augusto van Tol de Castro</i>	
<i>Rafael Gomes da Mota Gonçalves</i>	
<i>Igor Prata Terra de Rezende</i>	
<i>Lethicia de Souza Grechi da Silva</i>	
<i>Rafaela Silva Correa</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926047	
CAPÍTULO 8	66
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIFÚNGICA <i>IN VITRO</i> DO ÓLEO ESSENCIAL DAS FOLHAS DE <i>Hypts suaveolens</i>	
<i>Wendel Cruvinel de Sousa</i>	
<i>Adiel Fernandes Martins Dias</i>	
<i>Josemar Gonçalves Oliveira Filho</i>	
<i>Flávia Fernanda Alves da Silva</i>	
<i>Cassia Cristina Fernandes Alves</i>	
<i>Cristiane de Melo Cazal</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926048	
CAPÍTULO 9	71
COMUNIDADE DE COLEOPTEROS ASSOCIADA A SOLOS HIDROMÓRFICOS	
<i>Jéssica Camile da Silva</i>	
<i>Dinéia Tessaro</i>	
<i>Ketrin Lohrayne Kubiak</i>	
<i>Luis Felipe Wille Zarzycki</i>	
<i>Bruno Mikael Bondezan Pinto</i>	
<i>Elisandra Pcojeski</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8521926049	

CAPÍTULO 10	83
CONTAMINAÇÃO DO SOLO E PLANTAS POR METAIS PESADOS ASSOCIADOS À ADUBAÇÃO ORGÂNICA	
<i>Júlio César Ribeiro</i>	
<i>Everaldo Zonta</i>	
<i>Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho</i>	
<i>Adriano Portz</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260410	
CAPÍTULO 11	98
CORRELAÇÃO ENTRE O VESS E OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E A MATÉRIA ORGÂNICA EM UMA TRANSEÇÃO NA SUB-BACIA MICAELA – RS	
<i>Thais Palumbo Silva</i>	
<i>Gabriel Luís Schroeder</i>	
<i>Mateus Fonseca Rodrigues</i>	
<i>Cláudia Liane Rodrigues de Lima</i>	
<i>Maria Cândida Moitinho Nunes</i>	
<i>Mayara Torres Mendonça</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260411	
CAPÍTULO 12	106
DADOS LIDAR AEROTRANSPORTADO NA PREDIÇÃO DO VOLUME EM UM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus</i> sp	
<i>Daniel Dantas</i>	
<i>Luiz Otávio Rodrigues Pinto</i>	
<i>Ana Carolina da Silva Cardoso Araújo</i>	
<i>Rafael Menali Oliveira</i>	
<i>Natalino Calegario</i>	
<i>Marcio Leles Romarco de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260412	
CAPÍTULO 13	116
DECOMPOSIÇÃO DA TORTA DE FILTRO TRATADA COM ACELERADORES BIOLÓGICOS	
<i>Pedro Henrique De Souza Rangel</i>	
<i>Mariana Magesto De Negreiros</i>	
<i>Guilherme Mendes Pio De Oliveira</i>	
<i>Robinson Osipe</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260413	
CAPÍTULO 14	121
DESEMPENHO E PRODUÇÃO DE OVOS DE GALINHAS POEDEIRAS CRIADAS EM SISTEMA DE BASE AGROECOLÓGICA	
<i>Marize Bastos de Matos</i>	
<i>Michele de Oliveira Mendonça</i>	
<i>Kíssila França Lima</i>	
<i>Iago da Silva de Oliveira e Souza</i>	
<i>Wanderson Souza Rabello</i>	
<i>Fernanda Gomes Linhares</i>	
<i>Henri Cócaro</i>	
<i>Karoll Andrea Alfonso Torres-Cordido</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260414	

CAPÍTULO 15 126

DESEMPENHO PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO ADUBADO COM DOSES DE CAMA DE AVIÁRIO

Alfredo José Alves Neto
Leonardo Deliberaes
Álvaro Guilherme Alves
Leandro Rampim
Jéssica Caroline Coppo
Eloísa Lorenzetti

DOI 10.22533/at.ed.85219260415

CAPÍTULO 16 143

DESENVOLVIMENTO DE BETERRABA SUBMETIDA A NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO

Guilherme Mendes Pio De Oliveira
Mariana Magesto De Negreiros
Pedro Henrique De Souza Rangel
Stella Mendes Pio De Oliveira
Hatiro Tashima

DOI 10.22533/at.ed.85219260416

CAPÍTULO 17 148

DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE CACAUEIRO GENÓTIPO COMUM BAHIA PRODUZIDOS NO OUTONO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Robson Prucoli Posse
Stefany Sampaio Silveira
Sophia Machado Ferreira
Francielly Valani
Rafael Jaske
Camilla Aparecida Corrêa Miranda
Inês de Moura Trindade
Sabrina Gobbi Scaldaferrro

DOI 10.22533/at.ed.85219260417

CAPÍTULO 18 157

DESENVOLVIMENTO DE UM MICROPULVERIZADOR AUTOPROPELIDO PARA APLICAÇÃO EM ENTRELINHAS ESTREITAS

Francisco Faggion
Natália Patrícia Santos Nascimento Benevides
Tiago Pereira Da Silva Correia

DOI 10.22533/at.ed.85219260418

CAPÍTULO 19 163

DESENVOLVIMENTO DE UMA BEBIDA DE AMENDOIM

Gerônimo Goulart Reyes Barbosa
Rosane da Silva Rodrigues
Mirian Ribeiro Galvão Machado
Josiane Freitas Chim
Liane Slawski Soares
Thauana Heberle

DOI 10.22533/at.ed.85219260419

CAPÍTULO 20 173

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE IPÊ-ROXO EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Jeniffer Narcisa-Oliveira
Renata do Nascimento Santos
Beatriz Santos Machado
Juliane Gonçalves da Silva
Raíra Andrade Pelvine
Rudiel Machado da Silva
Nathalia Pereira Ribeiro
Lorene Tiburtino-Silva

DOI 10.22533/at.ed.85219260420

CAPÍTULO 21 181

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE FEIJÃO INOCULADAS COM AZOSPIRILLUM BRASILENSE

Juliana Yuriko Habitzreuter Fujimoto
Vanessa de Oliveira Faria
Caroline Maria Maffini
Bruna Caroline Schons
Gabriele Larissa Hoelscher
Bruna Thaina Bartzen
Eloisa Lorenzetti
Olivia Diulen Costa Brito

DOI 10.22533/at.ed.85219260421

CAPÍTULO 22 187

DETERMINAÇÃO DA CURVA DE UMIDADE DO GRÃO DE MILHO POR MEDIDA DE CAPACITÂNCIA

Jorge Gonçalves Lopes Júnior
Letícia Thália da Silva Machado
Daiana Raniele Barbosa Silva
Edinei Canuto Paiva
Wagner da Cunha Siqueira
Selma Alves Abrahão

DOI 10.22533/at.ed.85219260422

CAPÍTULO 23 193

DETERMINAÇÃO DA FOLHA MAIS ADEQUADA PARA A AVALIAÇÃO DO NITROGÊNIO NA PLANTA DE ARROZ

Juliana Brito da Silva Teixeira
Letícia Ramon de Medeiros
Luis Osmar Braga Schuch
Ariano Martins de Magalhaes Júnior
Ledemar Carlos Vahl
Matheus Walcholz Thiel
Larissa Soria Milanesi

DOI 10.22533/at.ed.85219260423

CAPÍTULO 24	199
DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE GIRASSOL BRS G57	
<i>Dhenny Costa da Mota</i>	
<i>Bruna Cecília Gonçalves</i>	
<i>Dhemerson da Silva Gonçalves</i>	
<i>Selma Alves Abrahão</i>	
<i>Wagner da Cunha Siqueira</i>	
<i>Antonio Fabio Silva Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260424	
CAPÍTULO 25	205
DETERMINAÇÃO DE ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE QUINOA E AMARANTO EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA	
<i>Natasha Ohanny da Costa Monteiro</i>	
<i>Fabiana Carmanini Ribeiro</i>	
<i>Gervásio Fernando Alves Rios</i>	
<i>João Batista Soares</i>	
<i>Samuel Martin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260425	
CAPÍTULO 26	217
DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DO ARAÇÁ VERMELHO (<i>Psidium cattleianum</i> L.)	
<i>Elisa dos Santos Pereira</i>	
<i>Taiane Mota Camargo</i>	
<i>Marjana Radünz</i>	
<i>Jardel Araujo Ribeiro</i>	
<i>Pâmela Inchauspe Corrêa Alves</i>	
<i>Marcia Vizzotto</i>	
<i>Eliezer Avila Gandra</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260426	
CAPÍTULO 27	227
DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DE SILAGEM DE BAGAÇO DE SORGO SACARINO	
<i>Lucas Candiotto</i>	
<i>Angélica Caroline Zatta</i>	
<i>Cleiton Rafael Zanella</i>	
<i>Felipe Candiotto</i>	
<i>Jessica Maiara Nemirscki</i>	
<i>Angela Carolina Boaretto</i>	
<i>Rui Alberto Picolotto Junior</i>	
<i>Luryan Tairini Kagimura</i>	
<i>Ricardo Beffart Aiolfi</i>	
<i>Wilson Henrique Tatto</i>	
<i>Bruno Alcides Hammes Schumalz</i>	
<i>Márcia Mensor</i>	
<i>Anderson Camargo de Lima</i>	
<i>André Brugnara Soares</i>	
<i>Edison Antonio Pin</i>	
<i>Jean Carlo Possenti</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260427	

CAPÍTULO 28	233
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES DE MOLUSCOS LÍMNICOS DO RIO PINTADO, BACIA HIDROGRÁFICA DO IGUAÇU	
<i>Alcemar Rodrigues Martello</i>	
<i>Mateus Maurer</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85219260428	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	241

DADOS LIDAR AEROTRANSPORTADO NA PREDIÇÃO DO VOLUME EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus* sp

Daniel Dantas

Universidade de Federal de Lavras, Departamento
de Ciências Florestais
Lavras – MG

Luiz Otávio Rodrigues Pinto

Universidade de Federal de Lavras, Departamento
de Ciências Florestais
Lavras – MG

Ana Carolina da Silva Cardoso Araújo

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri, Faculdade de Ciências Agrárias
Diamantina - MG

Rafael Menali Oliveira

Universidade de Federal de Lavras, Departamento
de Ciências Florestais
Lavras – MG

Natalino Calegario

Universidade de Federal de Lavras, Departamento
de Ciências Florestais
Lavras – MG

Marcio Leles Romarco de Oliveira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri, Faculdade de Ciências Agrárias
Diamantina – MG

RESUMO: A tecnologia Airborne Laser Scanning realiza o escaneamento de objetos terrestres a partir de uma plataforma aérea e permite produzir dados tridimensionais a partir da distância entre a emissão e o retorno do

pulso laser. Uma das suas aplicações práticas é o mapeamento de terrenos com coberturas florestais e estimativas de altura da vegetação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da utilização de dados LiDAR e propor novos modelos para a predição da variável volume. Foram utilizados dados de inventário florestal realizado no ano de 2015, em um povoamento de *Eucalyptus* sp. com idade de 5 anos, em que foram alocadas 46 parcelas circulares com área de 500 m². Os dados LiDAR utilizados foram obtidos junto ao Instituto Geográfico Nacional da Espanha, coletados no ano de 2015 mediante sensores LiDAR aerotransportados, com informações de fração de cobertura vegetal, altura máxima, média e mínima, percentis de altura, entre outras. Para avaliação do desempenho da utilização de variáveis LiDAR para estimação do volume do povoamento, foram ajustados modelos compostos por variáveis de campo, campo e LiDAR e apenas LiDAR. O modelo que englobou as variáveis de campo apresentou o melhor ajuste, seguido pelo modelo com variáveis de campo + LiDAR e apenas LiDAR. Os modelos avaliados apresentaram desempenhos satisfatórios, com erros relativos médios inferiores a 13 %. As estimativas volumétricas apresentaram-se dentro do intervalo de confiança obtido com o processamento do inventário florestal, indicando o potencial de utilização da tecnologia LiDAR

para estimação do volume a nível de povoamento.

PALAVRAS-CHAVE: Airborne Laser Scanning, Inventário Florestal, Mensuração Florestal.

ABSTRACT: The Airborne Laser Scanning technology performs the scanning of terrestrial objects from an aerial platform and allows to produce three-dimensional data from the distance between the emission and the return of the laser pulse. One of its practical applications is the mapping of land with forest cover and estimates of vegetation height. The aim of this work was to evaluate the performance of LiDAR data and propose new models for the prediction of the volume. Forest inventory data collected in 2015 were used, from a settlement of *Eucalyptus* sp. aged 5 years, in which 46 circular samples with an area of 500 m² were allocated. The LiDAR data used were obtained from the National Geographic Institute of Spain, collected in 2015 by airborne LiDAR sensors, with information on fraction of vegetation cover, maximum height, average and minimum, height percentiles, among others. To evaluate the performance of the use of LiDAR variables to estimate the volume, models composed of field, field and LiDAR and only LiDAR variables were adjusted. The model that included the field variables presented the best fit, followed by the model with field variables + LiDAR and only LiDAR. The models evaluated presented satisfactory performances, with mean relative errors lower than 13%. The volumetric estimates were within the confidence interval obtained with the forest inventory processing, indicating the potential of using the LiDAR technology for volume estimation at settlement level.

KEYWORDS: Airborne Laser Scanning, Forestry Measurement, Forest inventory.

1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia Airborne Laser Scanning (ALS), realiza o escaneamento a laser de objetos terrestres a partir de uma plataforma aérea, sendo composto por receptores de navegação global (GNSS), Sistema de Navegação Inercial (INS) e uma unidade de emissão e recebimento de laser, também chamado de tecnologia LiDAR (GORGENS et al., 2014).

O LiDAR (Light Detection and Ranging) é uma ferramenta que permite produzir dados tridimensionais a partir da distância entre a emissão e o retorno do pulso laser. Uma das suas aplicações práticas é na área florestal, realizando o mapeamento de terrenos com coberturas florestais, e estimativas de altura da vegetação com softwares de apoio (ERDODY; MOSKAL, 2010, GIONGO et al., 2010, ARUMAE; LANG, 2017).

Essas estimativas são obtidas a partir do Modelo Digital de Altura (MDA), que é o produto da subtração entre o Modelo Digital de Terreno (MDT), e o Modelo Digital de Elevação (MDE). O MDA é representado por uma nuvem de pontos da qual são extraídas métricas a serem utilizadas na construção de modelos biométricos, indispensáveis ao planejamento da produção florestal (ANDERSEN et al., 2004).

As métricas obtidas pela tecnologia LiDAR, podem ser integradas ao dados de Inventário Florestal coletados em campo, possibilitando estimativas confiáveis de variáveis biométricas, como diâmetro e área basal (ZONETE et al., 2010), e o potencial produtivo da floresta, como volume e biomassa (FIGUEIREDO et al., 2014).

Essa alta aplicabilidade da tecnologia LiDAR, deve-se principalmente aos benefícios econômicos advindos da sua adoção, quando comparado as técnicas tradicionais utilizadas nos Inventários Florestais. Características como alta densidade amostral e grande quantidade de informações em intervalos curtos de tempo fazem com que essa tecnologia relativamente nova na área florestal, seja tema de trabalhos que visem seu aprimoramento, assim como a integração com sistemas já adotados pelas empresas do setor.

Diante disso o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho da utilização de dados LiDAR e propor novos modelos para a predição da variável volume em um povoamento de *Eucalyptus* sp.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na cidade de Huelva, Andalucía, sul da Espanha. O clima é quente e temperado, do tipo Csa segundo a classificação de Köppen e Geiger, com uma temperatura média anual de 17,8 °C e precipitação média anual de 467 mm.

Foram obtidos dados de inventário florestal realizado no ano de 2015, em um povoamento de *Eucalyptus* sp. com idade de 5 anos, em que foram alocadas 46 parcelas circulares com área de 500 m². Em cada parcela foram medidos os diâmetros a 1,30 de altura do solo (DAP) e as alturas de todas as árvores. Foram então obtidos o diâmetro médio quadrático, a área basal do povoamento, o número de indivíduos por hectare e volume por hectare de cada parcela. Para a associação das informações coletadas por meio de inventário florestal e pelo LiDAR aerotransportado, foram coletadas as coordenadas geográficas do centro de cada parcela, por meio de um GPS.

Os dados LiDAR utilizados fazem parte do Plano Nacional de Ortofotografia Aérea e foram obtidos junto ao Instituto Geográfico Nacional da Espanha, coletados no ano de 2015 mediante sensores LiDAR aerotransportados. Os dados consistem em uma nuvem de pontos (Figura 1) com coordenadas X, Y, Z; retornos de 1°, 2°, 3° e 4° pulso; e a intensidade do sinal, com uma densidade de 4 pontos/m² e uma precisão altimétrica de 20 cm.

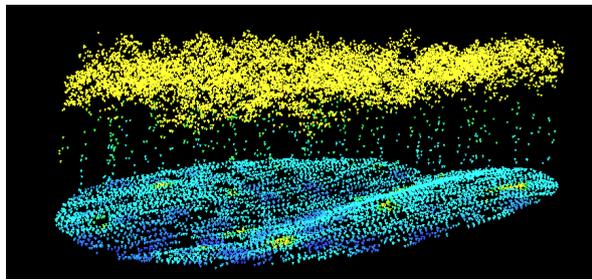


Figura 1. Exemplo da nuvem de pontos obtidas com dados LiDAR.

O software utilizado para processamento dos dados LiDAR foi o FUSION (MCGAUGHEY, 2015). O comando *Clipdata* foi utilizado para cortar, nos dados LiDAR, os pontos correspondentes a cada uma das 46 parcelas amostradas na área por meio de inventário florestal. O comando *Cloudmetrics* foi utilizado para gerar informações estatísticas dos dados LiDAR para cada uma das parcelas, como fração de cobertura vegetal, que indica o grau de ocupação da área pelo dossel das árvores, alturas máxima, média e mínima, os percentis de altura, entre outras. Estas informações estatísticas foram então inseridas à planilha dos dados oriundos do inventário florestal.

Com o intuito de avaliar o desempenho da utilização de variáveis LiDAR para estimação do volume do povoamento, procedeu-se ao ajuste dos modelos por meio do *software* R CORE TEAM (2017). Foram avaliados modelos compostos por variáveis de campo, variáveis de campo e LiDAR e apenas variáveis LiDAR. O modelo de Schumacher e Hall (1933) na sua forma modificada foi utilizado como referência neste estudo.

A seleção das variáveis independentes que melhor descrevessem o comportamento da variável resposta foi por meio do método *stepwise*, que é feito de forma iterativa, adicionando variáveis (passo *forward*) e removendo (passo *backward*), a partir de um critério de seleção. Neste trabalho adotou-se o teste F como critério de seleção. Os dados foram também submetidos a testes de adequação aos princípios estatísticos básicos, como normalidade (Teste de Shapiro-Wilk), homocedasticidade (Teste de Breusch-Pagan), linearidade (Teste RESET), colinearidade (Fator de Inflação da Variância) e dados discrepantes (Teste de Bonferroni). Atendendo a estes princípios, procedeu-se ao ajuste dos modelos com as variáveis selecionadas para estimação do volume, em $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, de cada uma das parcelas.

A avaliação da qualidade dos modelos baseou-se na Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM) (Equação 1), Critério de Informação Akaike (AIC) (Equação 2), erro padrão residual (S_{yx}) (Equação 3), coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$) (Equação 4), e gráfico de dispersão dos resíduos padronizados.

$$REQM(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2}{n}} / \bar{Y} * 100 \quad (1)$$

$$AIC = 2 * \ln(mv) * 2p \quad (2)$$

$$S_{yx}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{SQR}{n-p-1}}}{\bar{Y}} * 100 \quad (3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{(n-1) * SQR}{(n-p) * SQT} \quad (4)$$

em que: *REQM*: raiz do erro quadrático médio; Y_i : valor observado; \hat{Y} : valor estimado; n : número de casos; \bar{Y} : média dos valores observados; *AIC*: critério de informação Akaike; \ln : logaritmo neperiano; mv : valor de máxima verossimilhança; p : número de parâmetro do modelo; *SQR*: soma de quadrados dos resíduos; *SQT*: soma de quadrados total.

A Tabela 2 apresenta os modelos selecionados, juntamente com modelos linear e não linear de Schumacher e Hall em suas formas modificadas.

ID.	DESCRIÇÃO	MODELO
1	Schumacher e Hall (log) modificado	$V = b_0 + b_1 * \ln(Dg) + b_2 * \ln(Ho)$
2	Schumacher e Hall modificado	$V = b_0 * Dg^{b_1} * Ho^{b_2}$
3	Variáveis de Campo	$V = b_0 + b_1N + b_2Ho + b_3G$
4	Variáveis de LiDAR	$V = b_0 + b_1H_{Mode} + b_2H_{10\%} + b_3H_{75\%} + b_4F_{cv}$
5	Variáveis Campo + LiDAR	$V = b_0 + b_1H_{95\%} + b_2G + b_3N + b_4F_{cv}$

Tabela 2. Modelos ajustados para estimação volumétrica.

Em que: V é o volume com casca em $m^3.ha^{-1}$; Dg é o diâmetro médio quadrático (cm); Ho é a altura média do inventário florestal (m); N é o número de indivíduos ($ár.v.ha^{-1}$); G é a área basal ($m^2.ha^{-1}$); H_{Mode} é a moda da altura (m); $H_{10\%}$ e $H_{75\%}$ são as alturas nos percentis 10 e 75 (m); e F_{cv} é a fração de cobertura vegetal (%); e b_n são os parâmetros dos modelos.

Os modelos ajustados foram utilizados para estimar o volume por hectare de cada parcela e as estimativas foram consideradas em um processamento de inventário florestal, de acordo com os estimadores clássicos da Amostragem Casual Simples (ACS) (COCHRAN, 1977). Os resultados, para cada um dos cinco modelos, foram então comparados com o processamento da ACS para os dados coletados em campo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos com o comando *Cloudmetrics*, no software FUSION, foram geradas 26 variáveis dendrométricas relacionadas, principalmente, a altura do povoamento e ocupação da área. Na Figura 2 são exemplificadas algumas das variáveis geradas pelo sensor LiDAR.

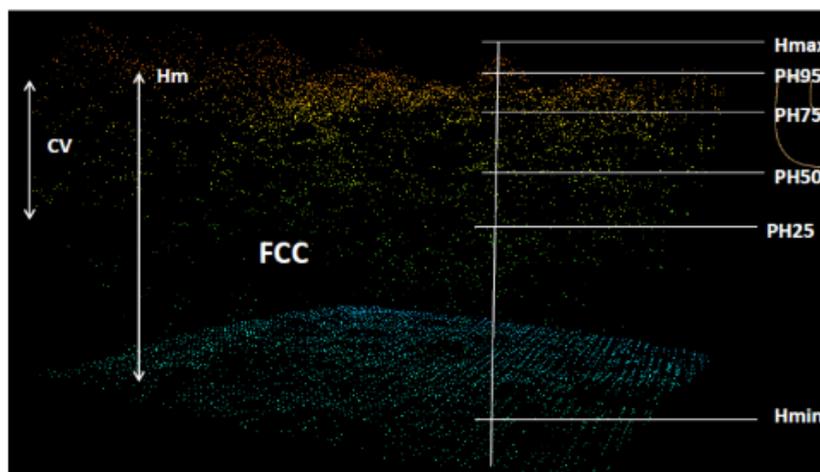


Figura 2. Variáveis obtidas pelo sensor LiDAR.

Em que: H representa altura; PH representa percentil; FCC, fração de cobertura vegetal e CV, coeficiente de variação da altura.

Os valores de altura média por parcela obtidos pelo LiDAR apresentaram boa aderência aos valores observados em campo, pelo inventário florestal (Figura 3). A altura média das parcelas do inventário florestal foi de 17,86 m, enquanto a altura média obtida pelos dados LiDAR foi de 11,98 m.

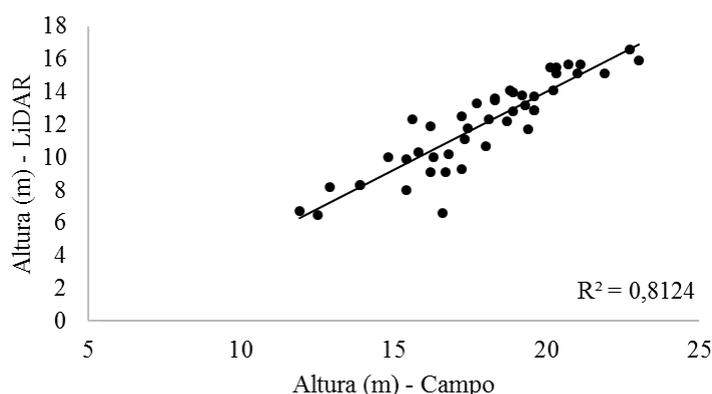


Figura 3. Altura média 1: obtida pelo inventário florestal vs Altura média 2: obtida a partir dos dados LiDAR.

Todos os modelos apresentaram significância dos parâmetros, a um nível de 0,05 (Tabela 3). Os modelos de Schumacher e Hall, linear e não linear, utilizados como referências nesse trabalho apresentaram as piores estatísticas, de acordo com os critérios de seleção. Já o modelo que englobou as variáveis de campo (3) apresentou o melhor ajuste, seguido pelo modelo com variáveis de campo + LiDAR (5) e apenas

ID.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	AIC	Syx	R ² aj.	REQM
1	-1856,56	165,84	563,92	-	-	529,7	82,47	69,1	24,9
2	0,12	0,55	2,05	-	-	526,1	79,26	71,5	23,9
3	-399,69	0,02	22,91	6,86	-	390,6	17,61	98,6	5,2
4	-423,78	-18,70	28,01	38,12	2,46	479,8	46,43	90,2	13,7
5	-300,24	22,01	6,59	0,03	-0,14	419,5	23,76	97,4	7,0

Tabela 3. Parâmetros ajustados e estatísticas de precisão das equações, Critério de Informação Akaike (AIC), Erro padrão residual em m³ (Syx), Coeficiente de determinação ajustado em porcentagem (R² aj.) e a raiz quadrática do erro médio em porcentagem (REQM).

A Figura 4 apresenta os gráficos de dispersão de resíduos para os diferentes modelos utilizados. Percebe-se que o modelo baseado apenas em variáveis oriundas do sensor LiDAR resultou em menor dispersão dos erros, enquanto o modelo de Schumacher e Hall linear, a maior dispersão.

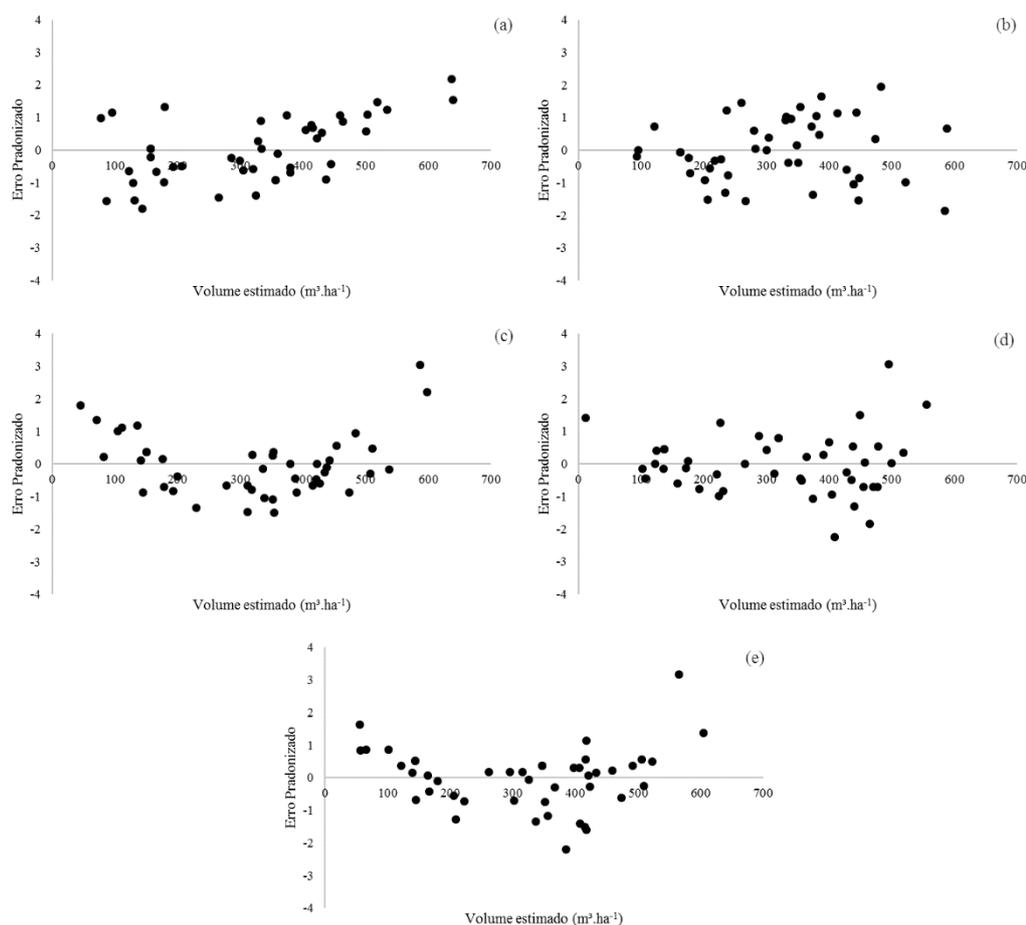


Figura 4. Dispersão dos resíduos em relação ao volume obtido pelo inventário florestal. (a) Modelo de Schumacher e Hall (log) modificado, (b) Modelo de Schumacher e Hall modificado, (c) Modelo de Variáveis de campo, (d) Modelo de Variáveis LiDAR e (e) Modelo de Variáveis de Campo + LiDAR.

Os volumes estimados pelas cinco equações volumétricas foram comparados com os volumes estimados com base nas informações obtidas pelo inventário florestal realizado em campo (Tabela 3). O volume médio estimado com base nas equações

foram 319.92, 321.12, 319.92 e 319.92 m³.ha⁻¹ respectivamente para Schumacher e Hall linear, Schumacher e Hall não linear, Variáveis de Campo, Variáveis LiDAR e Variáveis de Campo + LiDAR. Todos os volumes obtidos a partir dos modelos avaliados estão contidos no intervalo de confiança do inventário florestal. Isso indica que, considerando o volume médio, o inventário com base nos dados de Campo, LiDAR e suas combinações, apresentam precisão.

Estatísticas	IF	Equações				
		1	2	3	4	5
V	319,92	319,92	321,12	319,92	319,92	319,92
S ² _v	22038,35	15546,03	15250,66	21756,46	20078,20	21525,08
S _v	148,45	124,68	123,49	147,50	141,70	146,71
CV	46,40	38,97	38,46	46,11	44,29	45,86
Erro (m ³ .ha ⁻¹)	44,60	37,46	37,10	44,31	42,57	44,08
Erro (%)	13,94	11,71	11,55	13,85	13,31	13,78
IC ₁	275,32	282,46	284,02	275,60	277,34	275,84
IC ₂	364,52	357,37	358,22	364,23	362,49	363,99

Tabela 3. Síntese das medidas de precisão obtidas pelo inventário florestal, para a variável volume de um povoamento de *Eucalyptus* sp.

Em que: IF: inventário florestal; 1: Modelo de Schumacher e Hall (log) modificado; 2: Modelo de Schumacher e Hall modificado; 3: Modelo de Variáveis de campo; 4: Modelo de Variáveis LiDAR; 5: Modelo de Variáveis de Campo + LiDAR; V: volume médio (m³.ha⁻¹); S²_v: variância (m⁶.ha⁻¹); S_v: desvio padrão (m³.ha⁻¹); CV: coeficiente de variação (%); IC₁: limite inferior do intervalo de confiança (m³.ha⁻¹); IC₂: limite superior do intervalo de confiança (m³.ha⁻¹).

Todos os valores médios de volume apresentaram-se dentro do intervalo de confiança do inventário florestal. No entanto, os modelos de Schumacher e Hall não fornecem informações precisas a nível de parcela. Ao se analisar os valores obtidos individualmente para cada parcela, verifica-se uma variação de 0,02 a 150,89 %, para os modelos de Schumacher e Hall na sua forma linear e não linear, com uma tendência em superestimar os menores volumes e subestimar os maiores. Isso pode ser atribuído ao fato de que estes modelos foram treinados utilizando-se um menor número de variáveis que caracterizem o povoamento.

Os demais modelos apresentaram desempenhos satisfatórios para estimação do volume a nível de povoamento, com erros relativos médios inferiores a 13 %. O modelo com variáveis de campo apresentou os melhores resultados, quando comparado com os demais. Uma desvantagem do modelo com variáveis LiDAR para estimação do volume, comparado com o modelo de variáveis de campo, é a não utilização de nenhuma variável relacionada ao diâmetro. Sabe-se que volume e diâmetro apresentam forte correlação e mesmo que algumas parcelas tenham apresentado menores valores de fração de cobertura vegetal, verificou-se indivíduos com maiores diâmetros e, conseqüentemente, maior volume.

Os dados LiDAR apresentam um potencial de se tornarem uma importante ferramenta na estimativa de variáveis florestais como altura, DAP, área basal, número

de indivíduos e volume. Alguns estudos apresentam resultados positivos e indicam uma eficiência na utilização desta tecnologia associada a outras ferramentas. Carvalho *et al.* (2015) integraram geoestatística e escaneamento a laser e concluíram que o método proposto em seu estudo é tão preciso quanto os levantamentos feitos por inventários florestais convencionais, com diferenças médias de 0,7% na estimativa do volume e 0,18% para número de árvores. Laranja *et al.* (2015) avaliaram o uso combinado de levantamentos laser aerotransporto (ALS - Airborne Laser Scanning) e dupla amostragem para estimativa de volume em plantios de eucalipto, e destacaram o potencial de uso dos dados do sensor laser para melhorar as estimativas de volume do inventário florestal, possibilitando a redução da intensidade amostral.

São necessários novos estudos a fim de encontrar uma metodologia ótima que possibilite a utilização da tecnologia LiDAR no setor florestal, contribuindo para melhoria nos resultados e condução dos inventários.

4 | CONCLUSÃO

Os modelos avaliados neste trabalho apresentaram desempenhos satisfatórios, com erros relativos médios inferiores a 13 %. As estimativas volumétricas dos modelos apresentaram-se dentro do intervalo de confiança obtido com o processamento do inventário florestal, indicando o potencial de utilização da tecnologia LiDAR para estimação do volume a nível de povoamento.

5 | AGRADECIMENTO

Ao programa ERASMUS+, à Universidad de Huelva, à UFVJM, à UFLA, Capes, FAPEMIG e CNPq.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, H. E.; MCGAUGHEY, R. J.; REUTEBUCH, S. E. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, p. 441 -449, 2004.

ARUMÃE, T.; LANG, M. Estimation of canopy cover in dense mixed-species forests using airborne lidar data. **European Journal of Remote Sensing**, v. 51, n. 1, p. 132–141, 2017.

BRANDALIZE, A. A. Perfilamento a LASER: Comparação Com Métodos Fotogramétricos. In.: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, **Anais ...** CD ROM, Porto Alegre, 2001.

CARVALHO, S. P. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; SILVA, L. D.; CARVALHO, L. M. T.; CALEGARIO, N.; LIMA, M. P.; SILVA, C. A.; MENDONÇA, A. R.; NICOLETTI, M. F.; Predição do volume de árvores integrando Lidar e Geoestatística. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, SP, v. 43, p.627-637. 2015.

COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. 3 ed. New York, 1977.

ERDODY, T. L.; MOSKAL, M. Fusion of LiDAR and imagery for estimating forest canopy fuels. **Remote**

Sensing of Environment, v. 114, n 4, p. 725-737, 2010.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. V. N.; FEARNSTIDE, P. M.; PAPA, D. A. Modelos para estimativa de árvores individuais pela morfometria da copa obtida com LiDAR. **Cerne**, Lavras, MG, v.20, n.4, p. 621-628. 2014

GIONGO, M.; KOEHLER, H. S.; MACHADO, S. A.; KIRCHNER, F. F.; MARCHETTI, M. LIDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisas Florestais Brasileira**, Colombo, PR, v.30, p. 231-244. 2010.

GORGENS, E. B.; SILVA, A. G. P.; RODRIGUEZ, L. C. E. **LIDAR: aplicações florestais**. Editora CRV, 132 p., 2014.

LARANJA, D. C. F; GORGENS, B. G.; SOARES, C. P. B; SILVA, A. G. P; RODRIGUEZ, L. C. E. Redução do erro amostral na estimativa do volume de povoamentos de *Eucalyptus* ssp. por meio de escaneamento laser aerotransportado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 43, p.845-852. 2015.

MCGAUGHEY, R. J. FUSION/LDV: **Software for LIDAR Data Analysis and Visualization - Version 3.50**. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Seattle, WA, USA. 2015.

OLIVEIRA, L. T.; FERREIRA, M. Z.; CARVALHO, L. M. T.; FERRAZ FILHO, A. C.; OLIVEIRA, T. C. A.; SILVEIRA, E. M. O.; ACERBI JUNIOR, F. W. Determinação do volume de madeira em povoamento de eucalipto por escâner a laser aerotransportado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n.9, p. 692-699. 2014.

PEINHOPF, C. **Determinação de variáveis dendrométricas de Eucalyptus urograndis com dados LiDAR Aerotransportado**, 2012. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO.

R CORE TEAM. **R A language and environment for statistical computing**. Vienna, Áustria, 2017.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v.47, n.9, p.719-734, 1933.

ZONETE, M. F.; RODRIGUEZ, L. C. E.; PACKALÉN, P. Estimación de parâmetros biométricos de plantios clonais de eucalipto no sul da Bahia: uma aplicação da tecnologia laser aerotransportada. **Science Forestalis**, Piracicaba, SP, v.38, n. 86, p. 225-235. 2010.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-285-2

