



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

**Cristina Aledi Felseburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

**Cristina Aledi Felseburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Revisão: Os autores
Organizadora: Cristina Aledi Felsemburgh

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C744 Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2 / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-294-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.941212707>

1. Engenharia florestal. I. Felsemburgh, Cristina Aledi (Organizadora). II. Título.

CDD 634.928

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

É com enorme prazer que apresentamos o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal 2” elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 10 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados às diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas à viabilidade de sementes, produção de mudas, propagação vegetativa, melhoramento genético e plantios clonais. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas relacionados à mudança climática, sequestro de carbono, recursos hídricos, valoração florestal, dinâmica populacional, interação fauna-flora e serviços ecossistêmicos. Em uma terceira parte, os trabalhos referem-se ao processo produtivo, operações florestais, modelos e estimativas de produção. E finalizando, e um uma quarta parte com o tema relacionado à utilização de produtos não madeireiros e subprodutos florestais. Desta forma, o e-book “Conceitos e Conhecimentos de Métodos e Técnicas de Pesquisa Científica em Engenharia Florestal 2” apresenta relevantes e promissores resultados realizados por professores e acadêmicos que serão dissertados nesta obra de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam estimular e inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felsemburgh

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

QUALIDADE FISIOLÓGICA, REPETIBILIDADE E DISSIMILARIDADE GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE SEMENTES DE *MIMOSA SCABRELLA* BENTH

Daniceli Barcelos

Paulo Cesar Flôres Júnior

Glauciana da Mata Ataíde

Marcio Dias Pereira

Andressa Vasconcelos Flores

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127071>

CAPÍTULO 2..... 15

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *CORDIA TRICHOTOMA* SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS EM VIVEIRO

Renata Smith Avinio

Junior Oliveira Mendes

Kelen Haygert Lencina

Angélica Costa Malheiros

Tháise da Silva Tonetto

Denise Gazzana

Dilson Antônio Bisognin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127072>

CAPÍTULO 3..... 27

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE CLONES DE *CORDIA TRICHOTOMA* NAS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA

Angélica Costa Malheiros

Renata Smith Avinio

Luciane Grendene Maculan

Tháise da Silva Tonetto

Denise Gazzana

Gabriele Taís Lohmann

Kelen Haygert Lencina

Dilson Antônio Bisognin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127073>

CAPÍTULO 4..... 38

TOOLS FOR STRATEGIC DECISION MAKING ON WATER RESOURCES MANAGEMENT UNDER CLIMATE VARIABILITY AND DROUGHT CONDITIONS ON THE CAATINGA'S BIOME OF NORTHEAST BRAZIL

Marcos Airton de Sousa Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127074>

CAPÍTULO 5..... 50

MODELO DE AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE DIESEL NA AGRICULTURA, COM ESTIMATIVAS DAS EMISSÕES DE CO₂ PARA A ATMOSFERA E PROJETOS FLORESTAIS PARA SEQUESTRO DE CARBONO ESTUDO DE CASO: BANANA X SOJA

Luiz Carlos Sérvulo de Aquino
Brunna Simões Ungarelli
Guilherme Amatuzzi Teixeira
Aida Inírida Ortega Acosta
Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127075>

CAPÍTULO 6..... 69

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL POTENCIAL FORESTAL EN CONCESIONES MINERAS DEL SUR DE LA AMAZONIA PERUANA

Carlos Nieto Ramos
Jorge Garate-Quispe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127076>

CAPÍTULO 7..... 81

UMA ANÁLISE SOBRE DINÂMICA POPULACIONAL E SURTO DE INSETOS-PRAGA

José Carlos Corrêa da Silva Junior
Luana Camila Capitani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127077>

CAPÍTULO 8..... 91

ANÁLISE DE RISCOS ASSOCIADOS À COLHEITA FLORESTAL EM ÁREAS DECLIVOSAS NO BRASIL

Anatoly Queiroz Abreu Torres
Tamires Galvão Tavares Pereira
Rodolfo Soares de Almeida
Fernanda Leite Cunha
Erick Martins Nieri
Lucas Amaral de Melo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127078>

CAPÍTULO 9..... 108

DETERMINAÇÃO DE ALTURA E VOLUME DE *EUCALYPTUS* SPP NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS FLORESTAIS DE ITATINGA-SP

Maria Cristina Bueno Coelho
Paulo Ricardo de Sena Fernandes
Yandro Santa Brigida Ataide
Max Vinícios Reis de Sousa
Maurilio Antonio Varavallo
Juliana Barilli
Mauro Luiz Erpen
Marcos Vinicius Giongo Alves
Mathaus Messias Coimbra Limeira

Andre Ferreira dos Santos
Augustus Caeser Franke Portella
Manuel Tomaz Ataide Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9412127079>

CAPÍTULO 10..... 124

POTENCIAL DA TORTA RESIDUAL DE *PACHIRA AQUATICA* AUBL. NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

Widna Suellen Paiva dos Anjos
Marcela Cristina Pereira dos Santos Almeida
Renata Martins Braga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.94121270710>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 138

ÍNDICE REMISSIVO..... 139

DETERMINAÇÃO DE ALTURA E VOLUME DE *EUCALYPTUS* SPP NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CIÊNCIAS FLORESTAIS DE ITATINGA-SP

Data de aceite: 01/07/2021

Maria Cristina Bueno Coelho

<http://lattes.cnpq.br/2999809334076571>

Paulo Ricardo de Sena Fernandes

<http://lattes.cnpq.br/4730391601600556>

Yandro Santa Brigida Ataíde

<http://lattes.cnpq.br/5408674120649888>

Max Vinícios Reis de Sousa

<http://lattes.cnpq.br/4748382231830245>

Maurilio Antonio Varavallo

<http://lattes.cnpq.br/0544143604204104>

Juliana Barilli

<http://lattes.cnpq.br/6647824142535902>

Mauro Luiz Erpen

<http://lattes.cnpq.br/7329927485701691>

Marcos Vinicius Giongo Alves

<http://lattes.cnpq.br/5712134838373036>

Mathaus Messias Coimbra Limeira

<http://lattes.cnpq.br/6551417035349065>

Andre Ferreira dos Santos

<http://lattes.cnpq.br/4518510510661568>

Augustus Caesar Franke Portella

<http://lattes.cnpq.br/3713125988298923>

Manuel Tomaz Ataíde Júnior

<http://lattes.cnpq.br/0370516758794154>

RESUMO: A utilização de relações biométricas e volumétricas permitem determinar com exatidão a altura das árvores e realizar estimativas da prognoses da produção madeireira em uma floresta. O objetivo desse trabalho foi determinar a altura e o volume de seis espécies de *Eucalyptus* através de modelos de regressão. Os dados foram coletados na Estação Experimental de Ciências Florestais em Itatinga-SP, correspondendo uma área de 28,96 ha de 10 talhões de *Eucalyptus* spp. Quatro modelos hipsométricos foram pré-selecionados e ajustados. A seleção do melhor modelo seguiu os seguintes critérios: coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj.}$), erro padrão da estimativa ($Sy_x\%$), F calculado ($F_{calc.}$), coeficiente de variação ($CV\%$) e análise gráfica da distribuição de resíduos. O melhor modelo foi o de Prodan ($\frac{d^2}{h} = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2$) para todos os talhões. Para os modelos ajustados de altura, o $R^2_{aj.}$, $Sy_x\%$, $F_{calc.}$ e $CV\%$ variou de (0,92 a 0,99); (2,18 a 22,19); (7,81 a 4073,88) e (4,12 a 31,47), respectivamente. A distribuição de resíduos mostrou uma diferença para o modelo 5 em comparação aos outros modelos. O maior volume se encontra no talhão 79, que foi determinado pelo modelo ajustado: $v = 0.0003 * d^{1,8298h} h^{1,1712}$, apresentando um volume de 486,13 $m^3 \cdot ha^{-1}$.

PALAVRAS - CHAVE: Modelos hipsométricos; Modelos volumétricos locais; incremento

ABSTRACT: The use of biometric and volumetric relations allows to accurately determine the height of the trees and to make estimates of the prognoses of the wood production in a forest. The objective of this work was to determine the height and volume of six species of *Eucalyptus*

using regression models. The data were collected in the Forest Science Experimental Station in Itatinga-SP, corresponding to an area of 28.96 ha of 10 stands of *Eucalyptus* spp. Four hypsometric models were pre-selected and adjusted. The selection of the best model followed the following criteria: adjusted coefficient of determination (R^2_{aj}), standard error of estimation (Syx), calculated F (Fcalc.), Coefficient of variation (CV%) and graphical analysis of the distribution of residues. The best model was the Prodan model ($\frac{d^2}{h} = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2$) for all stands. For the height-adjusted models, the R^2_{aj} , Syx, Fcalc. and CV (%) ranged from (0.92 to 0.99); (2.18 to 22.19); (7.81 to 4073.88) and (4.12 to 31.47), respectively. The distribution of residues showed a subtle difference for model 5 in comparison to the other models. The largest volume is in stand 79, which was determined by the adjusted model: $v = 0.0003 * d^{1.8298h} h^{1.1712}$, presenting an volume of 486.13 m³.ha⁻¹.

KEYWORDS: Hypsometric models; Local volumetric models; increment

INTRODUÇÃO

Uma das grandes vantagens do *Eucalyptus* é sua facilidade de cruzamento entre diferentes espécies, no qual o processo é denominado hibridação, resultando da combinação entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, o chamado *Eucalyptus urograndis*, um dos híbridos mais conhecidos e usados no Brasil.

A principal finalidade da maioria dos inventários é obter a informação quanto ao volume, principalmente para fins comerciais, como os seus produtos madeireiros e a produção de madeira dos povoamentos florestais (Batista *et al.*, 2014, Machado e Figueiredo Filho, 2014). A altura constitui-se em importante característica da árvore e pode ser medida ou estimada. Sua medição ou estimação é muito importante para o cálculo do volume, de incrementos em altura e, em determinadas situações, pode servir como indicadora da qualidade produtiva de um local (Silva *et al.*, 2012).

O método indireto de obtenção da variável altura (através de relações hipsométricas) das árvores é o mais utilizando pelos inventários florestais (Ferreira, 2018). Tais relações hipsométricas são equações que prediz a altura através da variável DAP, dos demais indivíduos dentro das parcelas, que não foram medidas as suas alturas em campo (Thiersch *et al.*, 2013; Kershaw *et al.*, 2016). Os modelos hipsométricos são equações ajustadas que expressam a relação altura-diâmetro da árvore (Sanquetta *et al.*, 2014). Por meio desses pode-se obter estimativas acuradas da altura do indivíduo arbóreo. Com isso, o inventário diminui seu tempo na medição das árvores na parcela, o custo e as dificuldades na hora da operação, que torna os inventários mais precisos e econômicos (Atanzio *et al.*, 2017).

A hipótese aqui testada é de que independente da espécie e idade de *Eucalyptus* spp. aqui avaliadas o modelo matemático para determinação da altura total e do volume seja o mesmo para a área de estudo.

METODOLOGIA

Para o estudo foi selecionado 10 talhões de plantio da espécie de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1) correspondentes a uma área total de 28, 96 ha. O espaçamento dos talhões de *Eucalyptus* spp., variaram de acordo com o plantio dos mesmos. O povoamento pertence a Estação Experimental de Ciências Florestais do Departamento da Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz (ESALQ/USP), situado no município de Itatinga-SP (23°10' S e 48°40' W e altitude de 857 m).

O clima é classificado como Cwa, mesotérmico úmido, possuindo temperaturas que variam de 16,2 °C nos meses mais frios e 28,6 °C, nos meses mais quentes, conforme a classificação de Köppen (Sette Júnior *et al.*, 2010). A precipitação média anual nos períodos de outubro a março para EECFI corresponde a 1300 mm (Ferraz & Poggiani, 2014). O solo é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico A moderado com textura média (LVAd). O relevo se caracteriza por ser predominantemente plano, com uma declividade de 2% a 10%, principalmente nas extremidades do talhão (Gonçalves *et al.*, 2012).

O procedimento de amostragem da área adotado foi estratificado por talhões, e as parcelas dentro dos talhões foram alocadas de forma sistemática. Foram realizadas a distribuição de parcelas nos respectivos talhões selecionados, oscilando de 387 a 534 m², pois as parcelas têm uma variação quanto ao tamanho, além das espécies dentro do mesmo, devido ao seu espaçamento. Foram alocadas de 1 a 3 parcelas compreendendo a área da parcela, de acordo com a tabela 1, no entorno da microbacia do córrego Tinga, de acordo com os talhões.

Talhão	Área (ha)	Espécies	I (anos)	E.M (m)	Nº de parcelas	F (%)	M (%)	I.A.
70	0,81	<i>E. grandis</i>	21	2,44 x 2,44	3	11,48	-	3
62 ^a	2,68	<i>E. grandis</i> – Coff's Harbour	20	2,18 x 2,18	3	8,89	-	3
64	1,42	<i>E. grandis</i>	20	2,19 x 2,19	3	8,15	0,37	1
76 ^a	5,4	<i>E. urograndis</i>	19	2,08 x 2,08	3	0,74	1,11	1
79	9,56	<i>E. urograndis</i> x <i>E. grandis</i>	19	2,13 x 2,13	3	0,37	1,48	1
139	1,74	<i>E. grandis</i>	8	2,20 x 2,20	3	1,11	-	1
86b	0,45	<i>E. grandis</i>	5	2,27 x 2,27	1	1,11	1,11	1
151	0,86	<i>E. grandis</i>	5	2,14 x 2,14	2	2,78	-	1
166	2,32	<i>E. grandis</i>	4	2,13 x 2,13	3	10,00	1,85	1
168	3,72	<i>E. grandis</i> e <i>E. clonal</i> (I - 144)	4	2,13 x 2,13	3	12,59	1,85	1
Total	28,96	-	-	-	24	-	-	-

Tabela 1 - Espécies selecionadas da área da influência da MBH do córrego Tinga da EECF de Itatinga-SP e suas respectivas áreas (ha), idades (anos), espaçamentos médios (m), taxa de desbaste (%), taxa de mortalidade (%) e taxa de falha (%).

Em que: N° = número; D= desbaste; F= falha; M= mortalidade, T= talhão; I= idade (anos); E.M=espaçamento médio; I.A. = intensidade amostral (%). Fonte: Autor (2018).

As parcelas foram de formato retangular, sendo compostas por 6 linhas de 15 indivíduos em cada linha, totalizando 90 indivíduos na parcela, que possuíam duas linhas de 15 indivíduos como área de borda, e entre as parcelas havia um intervalo de uma

parcela fantasma e a área de cada parcela é variável devido ao espaçamento de cada plantio e da regularidade do alinhamento do mesmo.

Os dados diretamente coletados foram a altura e o DAP (diâmetro à altura do peito) a 1,3 m do solo, utilizando os equipamentos Vertex IV e fita métrica para a coleta dos mesmos respectivamente. Os modelos utilizados foram pré-selecionados de acordo com o uso mais atual na literatura florestal (Tabela 2).

Modelos	Modelos matemáticos	Autores
1	$h = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2$	Trorey
2	$h = \beta_0 + \beta_1 * Ln d + \beta_2 * Ln d^2$	Backman Modificada
3	$\frac{d^2}{h} = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2$	Prodan
4	$\frac{d^2}{\sqrt{h - 1,30}} = \beta_0 + \beta_1 * d + \beta_2 * d^2$	Finger (1992)

Tabela 2 - Modelos hipsométricos para estimar a altura total (m) de *Eucalyptus* spp. da microbacia do córrego Tinga na EECF em Itatinga – SP.

Em que: h = altura estimada em m; Ln = logaritmo neperiano; d = diâmetro a 1,30 m do solo em cm; β_0 , β_1 , β_2 e β_3 = coeficientes de regressão

Para a determinação do volume foi utilizado modelos volumétricos ajustados em relação ao local de origem, precisamente no Estado de São Paulo. Pela tabela 3, observa-se os modelos ajustados por cada talhão e região para determinar o volume com seus respectivos locais e autores (Filho *et al.*, 2014).

Talhão	Modelos	Coefficientes	R ²	Syx(%)	Local	Fonte
70	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 0,000848	0,986	13,43	Itatinga, SP	Silva (1996)
62 ^a	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 0,00053	0,991	10,14	Itatinga, SP	Silva (1996)
64	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 0,000633	0,987	12,32	Itatinga, SP	Silva (1996)
76 ^a , 79, 139 e 168	$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \epsilon_i$	β_0 0,00003 β_1 1,8298 β_2 1,1712	0,65	-	Regiões próximas ao litoral, SP	Mctague, Batista e Steiner (1989)
86 ^b	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 0,000563	0,988		Itatinga, SP	Silva (1996)
151	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 0,000591 β_0 -13,153	0,992		Itatinga, SP	Silva (1996)
166	$v = \beta_1 d^2 + \epsilon_i$	β_1 -0,52295 β_2 8,9242	0,988	11,84	Itapetininga, Angatuba, Itatinga, Bofete, Botucatu e Pardinho, SP	Couto e Bastos (1987)

Tabela 3 - Modelos volumétricos ajustados para estimativa do volume total (m³) para as espécies de *Eucalyptus* spp. e suas respectivas estatísticas.

Em que: v= volume estimado em m³; h = altura total (m), Ln = Logaritmo neperiano, d = diâmetro a altura do peito em cm; β_0 , β_1 , β_2 coeficientes de regressão; e= exponencial; ϵ_i = termo de erro aleatório; R²= coeficiente de determinação; Syx = erro padrão da estimativa (%) e (m³).

Na tabela 4 para seleção do modelo matemático que melhor descreve a estimativa do volume e da relação hipsométrica, foram avaliados o erro padrão residual (Syx%), os coeficientes de determinação (R²aj.) , a dispersão gráfica dos resíduos e o valor F.

O erro padrão da estimativa em porcentagem informa a qualidade do ajuste e o quanto, relativamente, o modelo erra em média ao estimar a variável dependente. O coeficiente de determinação ajustado em porcentagem (R^2_{aj} %), o qual o coeficiente de determinação expressa à quantidade de variação total explicada pela regressão. Quanto mais próximo de 1 forem os valores dos coeficientes de determinação melhor será o ajuste da linha de regressão. Sendo assim, por este critério, seleciona-se o modelo matemático que apresentar o maior valor de R^2_{aj} (Schneider e Schneider, 2008). O teste de F é uma estatística obtida por meio da análise de variância da regressão e indica se há significância no ajuste a determinado nível de probabilidade, através da comparação do valor de F calculado com o valor de F tabelado (Draper et al., 1989), se o valor de F calculado for maior que o F tabelado, a regressão analisada é considerada significativa ao nível de probabilidade desejada.

A distribuição dos resíduos foi analisada plotando-se os desvios da regressão em gráfico, com o eixo das ordenadas centradas em zero. Observa-se a distribuição dos pontos e verifica-se se apresenta ou não tendências. Quando a distribuição dos resíduos da regressão apresenta-se homogênea, é considerado que a equação pertinente possui bom ajuste.

Critério	Equação	Em que
Coefficiente de determinação	$R^2 = \frac{SQ \text{ Regressão}}{SQ \text{ Total}}$	
Coefficiente de determinação ajustado	$R^2_{aj} = 1 - \left[(1 - R^2) \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \right]$	SQ = soma de quadrados; n= número de observações; p = número de coeficientes da regressão;
Erro padrão da estimativa	$Sy_x = \sqrt{\frac{\sum (h - \hat{h})^2}{n - p}}$	h = altura observada (m); \hat{h} = altura estimada (m);
Erro padrão da estimativa (%)	$Sy_x\% = \frac{Sy_x}{\bar{h}}$	\bar{h} = altura média observada (m); sh = desvio padrão da altura observada.
Coefficiente de variação	$CV\% = \frac{sh}{\bar{h}} * 100$	

Tabela 4 - Critérios de seleção para a escolha da melhor equação para estimativa da altura em *Eucalyptus* spp. da microbacia do córrego Tinga na EECF em Itatinga – SP.

O incremento médio anual (IMA) foi determinado pela fórmula (Finger ,1992):

$$IMA = \frac{v}{I}$$

Em que: IMA= Incremento Médio Anual ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano$); v= Volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$); I= Idade (ano).

A intensidade amostral foi calculada pela fórmula (Soares *et al.* 2011):

$$n = \frac{Nt^2S_x^2}{NE^2 + t^2S_x^2} * \frac{N - n}{N}$$

Em que: n – número ótimo de parcelas; N – número total de parcelas que cabem na área; S_x^2 –variância populacional; E – limite de erro admitido (0,10); t – valor de “t”

tabelado, da distribuição de Student, em função dos graus de liberdade.

Foi realizado o Teste Tukey a fim de verificar a diferença estatística do volume e incremento médio anual. As análises foram feitas usando os softwares Excel, versão 16 para a realização do cálculo estatístico, o SigmaPlot, versão 12 e Minitab 18 para gerar os gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos valores mínimos e máximos de Ht e DAP (tabela 5) é possível perceber que os maiores valores de IMA estão nos povoamentos mais jovens por estarem na fase inicial de crescimento. Os menores IMA em DAP estão nas maiores idades indicando a necessidade de intervenções silviculturais. O teste de tukey indicou diferenças significativas para ambas as variáveis analisadas.

Variável	Média	Variância	CV%	IMA	Mínimo	Mediana	Máximo	Assimetria	Curtose
Talhão 70 - <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	19,05 ^a	43,295	34,53	0,908	10,064	21,290	33,439	-0,02	-1,45
Ht (m)	27,27 ^a	46,576	25,03	1,299	17,385	30,110	40,074	-0,15	-1,58
Talhão 62^a - <i>Eucalyptus grandis</i> – Coff's Harbour									
DAP (cm)	26,43 ^b	32,455	21,55	1,322	12,134	26,083	40,159	0,16	0,04
Ht (m)	30,79 ^b	8,676	9,57	1,540	26,263	30,370	38,518	0,66	-0,29
Talhão 64 - <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	25,47 ^b	35,115	23,26	1,274	12,006	24,682	38,217	0,06	-0,71
Ht(m)	34,85 ^b	24,962	14,33	1,743	17,582	35,419	41,780	-0,92	0,56
Talhão 76^a - <i>Eucalyptus urograndis</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	20,15 ^a	33,892	28,88	1,061	10,510	19,809	39,172	0,95	1,19
Ht (m)	25,57 ^a	24,718	19,44	1,346	9,335	25,889	36,519	-0,3	0,36
Talhão 79 - <i>Eucalyptus urograndis</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	21,1 ^a	50,245	33,54	1,112	10,032	19,745	54,618	1,2	3,03
Ht (m)	27,82 ^a	21,505	16,66	1,465	19,252	27,276	44,042	0,46	0,15
Talhão 139 - <i>Eucalyptus</i>									
DAP (cm)	13,62 ^c	4,258	15,14	1,703	10,027	13,687	19,099	0,28	-0,42
Ht (m)	28,90 ^a	8,492	10,08	3,613	23,551	29,092	36,098	0,13	-0,58
Talhão 86^b - <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	24,17 ^b	46,91	28,33	4,834	11,36	25,020	38,77	0,1	-0,89
Ht(m)	25,40 ^a	95,28	38,43	5,080	9,86	25,730	38,1	-0,22	-1,43
Talhão 151 - <i>Eucalyptus grandis</i> (estudo adubação TIMAC) II									
DAP (cm)	15,94 ^c	4,199	12,85	3,189	10,250	15,884	21,306	-0,09	0,15
Ht(m)	26,48 ^a	0,804	3,39	5,297	26,044	26,208	33,330	5,23	35,44
Talhão 166 - <i>Eucalyptus grandis</i>									
DAP (cm)	14,85 ^c	7,642	18,61	3,714	6,146	14,650	24,841	0,26	0,7
Ht(m)	21,38 ^c	4,549	9,97	5,347	9,009	21,725	24,850	-1,94	7,78
Talhão 168 - <i>Eucalyptus grandis</i> e <i>Eucalyptus clonal</i> (I - 144)									
DAP (cm)	13,13 ^c	8,539	22,24	3,285	5,350	13,503	23,599	-0,09	1,6
Ht (m)	22,32 ^c	13,341	16,36	5,581	6,797	23,730	24,314	-2,72	6,97

Tabela 5 – Estatística descritiva para as variáveis DAP e Ht (m)

Em que: DAP: diâmetro a altura do peito; Ht: altura total; IMA: Incremento médio anual.

Médias seguidas pela mesma letra para a variável DAP e Ht não diferem entre si a um nível de 95% de probabilidade de confiança.

Na distribuição altimétrica, com os talhões apresentando diferentes características como idade, espaçamento e espécie. Os talhões 70, 64, 139, 86b e 151 apresentaram curtose leptocurtica (coeficiente de curtose < 0,263), ou seja a distribuição é menos achatada (mais afilada) do que a curva normal de mesma área. Os demais talhões 62a, 76a, 79, 166 e 168 apresentaram curtose platicurtica (coeficiente de curtose >0,263), ou seja, a distribuição é mais achatada do que a curva normal de mesma área (Figura 3).

A altura apresentou valor médio de 21,76 m, variando entre 6,8 m (talhão 168) e 44,04 m (talhão 79); a variação da média das alturas foi de 15,39 metros, variando entre 21,39 m (talhão 166) e 34,85 m (talhão 64). Para a variável altura, Silveira et al. (2014) encontraram resultados de 16m para *Eucalyptus dunnii* aos cinco anos de idade, significativamente diferente dos valores de altura deste experimento (Figura 2).

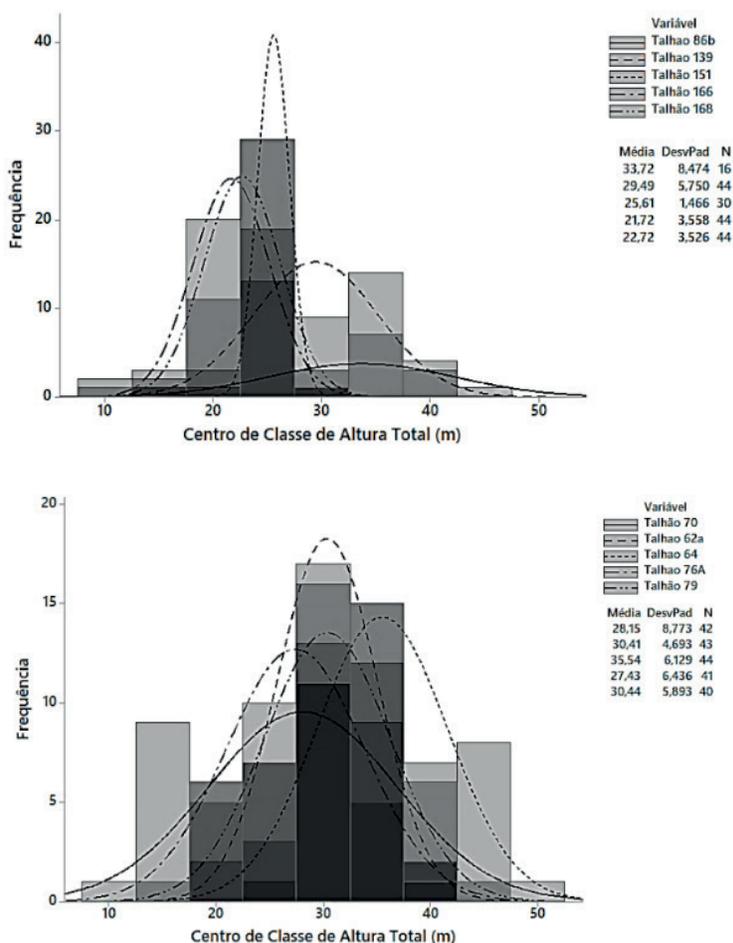


Figura 1 – Frequência do centro de classe de altura total para os talhões 86b, 139, 151, 166 e 168 s 70, 62a, 64, 76a e 79.

Para a variável DAP, o talhão 168 apresentou o menor valor, contando com a presença de indivíduos com DAP de 5,35 centímetros. Dentro da mesma variável, o talhão 168 também apresentou o menor valor para a média do diâmetro a altura do peito, com valor médio de 13,13 centímetros. Ainda se tratando do DAP, o talhão 79 apresentou o maior valor para DAP (54,62 cm). Reiner (2014) encontrou para a variável DAP aos quatro anos de plantio, valores médios de 14,08 centímetros. No mesmo contexto, Vidaurre *et al.*, (2015) também encontraram resultados diferentes de DAP (17,98cm) e altura total (24,64m) com o experimento em Guarapuava, aos cinco anos. Miguel et al., 2014 em um plantio de *Eucalyptus grandis*, no município de Niquelândia/GO obteve valores para diâmetros do povoamento, apresentando média de 13,60, mediana de 13,79. Valores inferiores ao encontrado no presente trabalho, com exceção do talhão 168 que apresentou os menores valores .

Quanto à curtose para distribuição diamétrica, os talhões 70, 64, 76a, 79 e 139 apresentaram curtose leptocurtica enquanto os demais talhões (62^a, 86b, 151, 166 e 168) a curtose foi apresentada como platicurtica (Figura 2).

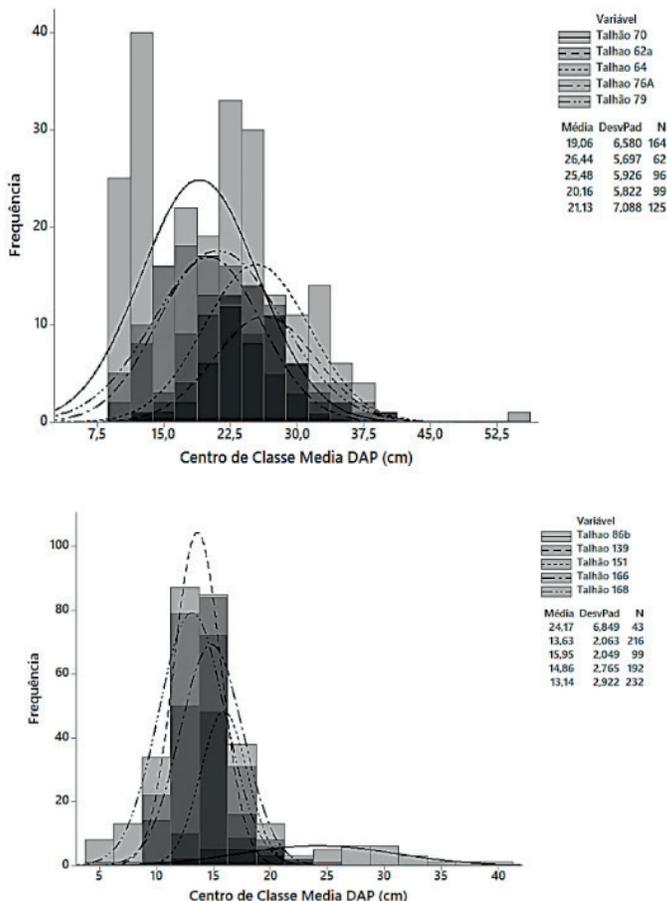


Figura 2: Frequência do centro de classe média para o diâmetro a altura do peito para os talhões 70, 62^a, 64, 76^a e 79 86^b, 139, 151, 166 e 168.

Os valores dos critérios estatísticos ($R^2_{aj.}$, $Syx\%$, $F_{calc.}$ e CV (%)) e os modelos ajustados com seus respectivos coeficientes para validação dos modelos hipsométricos encontram-se na tabela 6. De acordo com a tabela 6, o melhor modelo para estimar a altura foi o 3 (modelo de Prodan) para todos os talhões em termos de coeficiente de determinação ajustado e erro padrão da estimativa. Já o coeficiente de variação obteve menores valores para os modelos de 1 e 2 para todos os talhões e o F calculado para todos os talhões desempenhou melhores resultados para o modelo 4, apesar deste modelo ter os maiores valores de $R^2_{aj.}$, este não é selecionado para estimar altura, devido seu $Syx\%$ e $CV\%$, possuírem valores altos.

Para Sousa *et al.* (2013), os valores de $R^2_{aj.}$ encontrados foram semelhantes (entre 0,40 a 0,43) para os modelos 1 e 2 do talhão 62a, em relação aos modelos hipsométricos ajustados para a espécie de *Eucalyptus urophylla*. O modelo de Prodan foi o melhor para o presente trabalho, de forma igual o mesmo foi selecionado em um inventário florestal

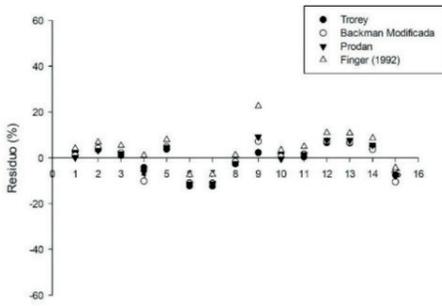
de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de acordo com Leal *et al.*, 2011; Miguel. 2009. Pode se verificar que no trabalho de Atanzio *et al.* (2017), o R^2_{aj} . variaram de 0,55 a 0,74, corroborando com os resultados dos modelos de a 1 e 2 dos respectivos talhões 79 (0,73%), 139 (0,715%) e 166 (0,78%).

Talhão	Nº	Coeficientes			R^2_{aj} .	Syx%	Fcalc.	CV%
		β_0	β_1	β_2				
70	1	2,6662	1,6332	-0,0155	0,91	9,28	211,95	29,83
	2	10,7777	-7,6084	4,5750	0,91	9,31	210,39	29,82
	3	-0,2863	0,5058	0,0101	0,97	4,34	603,99	30,01
	4	-3,6852	1,7570	0,1116	0,99	14,01	3104,45	31,47
62a	1	29,7509	-0,3787	0,0157	0,45	10,80	17,54	9,99
	2	103,8906	-57,4073	10,7374	0,44	10,85	17,15	9,93
	3	-7,8148	1,0127	0,0056	0,95	7,77	380,93	10,88
	4	-23,4338	3,0196	0,1037	0,99	22,19	1808,53	11,32
64	1	0,3768	1,9865	-0,0232	0,69	9,44	48,26	14,45
	2	-24,4896	17,9269	0,1905	0,68	9,61	45,81	14,34
	3	6,4795	-0,1325	0,0230	0,93	5,61	293,05	14,75
	4	19,2620	-0,3360	0,1528	0,99	18,22	1418,56	15,58
76a	1	-1,4718	1,8843	-0,0238	0,89	7,75	164,28	22,21
	2	-22,0020	16,4912	-0,0831	0,89	7,85	158,84	22,18
	3	2,5177	0,2234	0,0200	0,97	5,51	688,99	22,22
	4	3,4298	0,9659	0,1415	0,99	16,27	3382,4	23,38
79	1	11,0168	0,9732	-0,0069	0,73	10,03	54,23	16,72
	2	16,3265	-6,0023	3,2835	0,73	10,05	53,87	16,71
	3	-1,4745	0,5333	0,0134	0,98	6,05	776,56	17,30
	4	-8,7808	1,9430	0,1203	0,99	18,11	4073,88	17,75
86b	1	-1,8010	2,0527	-0,0254	0,92	7,06	79,83	23,85
	2	-32,9243	24,1734	-1,1076	0,92	7,36	73,1	23,78
	3	3,0719	0,1097	0,0203	0,96	5,47	186,19	23,85
	4	5,8267	0,6071	0,1418	0,99	17,56	841,78	25,10
139	1	4,0621	2,3147	-0,0334	0,71	10,40	54,04	16,95
	2	3,7812	0,8822	3,4197	0,72	10,39	54,1	16,96
	3	-0,4022	0,3727	0,0093	0,92	2,18	234,79	17,34
	4	-2,5180	1,2756	0,1097	0,98	6,42	1247,93	18,04
151	1	9,3989	1,5279	-0,0333	0,38	4,94	10,07	4,12
	2	-141,7874	112,4356	-18,7878	0,38	4,95	9,97	7,89
	3	10,8391	-1,1511	0,0686	0,96	2,34	310,01	5,58
	4	29,2804	-3,1040	0,2823	0,99	6,56	1178,32	8,50
166	1	-4,5950	2,7725	-0,0662	0,77	7,88	71,04	14,45
	2	-52,0528	45,5326	-6,7090	0,79	7,54	79,48	14,73
	3	3,9311	-0,2199	0,0427	0,96	4,09	521,8	14,75
	4	7,7314	-0,2795	0,2042	0,99	10,67	2273,28	15,65
168	1	-8,5728	3,8641	-0,1102	0,38	6,67	10,07	12,85
	2	-86,5347	77,2956	-13,4520	0,38	7,55	9,97	12,42
	3	6,9682	-0,8859	0,0693	0,96	2,81	310,01	13,22
	4	17,0766	-2,1881	0,2786	0,99	7,32	1178,32	14,34

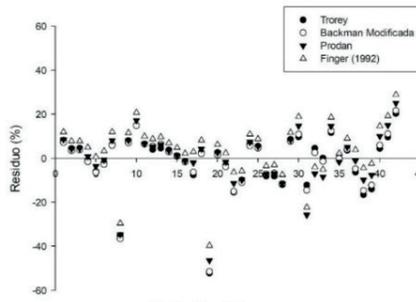
Tabela 6 - Estatísticas e coeficientes de regressão para os modelos hipsométricos para espécies de *Eucalyptus* spp.

Em que: N°= número; h= altura total (m); d = diâmetro a 1,30 m do solo em cm; R^2_{aj} . = coeficiente de determinação ajustado (m); Syx= erro padrão da estimativa (%); Fcalc. = F calculado e CV = coeficiente de variação (%). Fonte: Autor (2018).

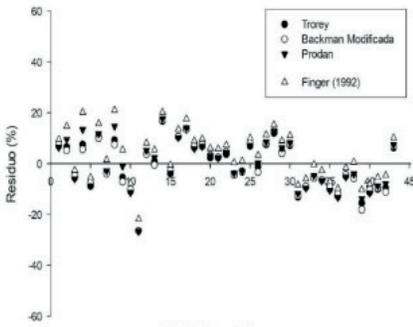
Na análise gráfica de resíduos observa-se que o modelo de Prodan foi o que apresentou melhor ajuste ao conjunto de dados dos povoamentos, evidenciando suas seleções como a melhor para cada um dos clones testados (Figura 3).



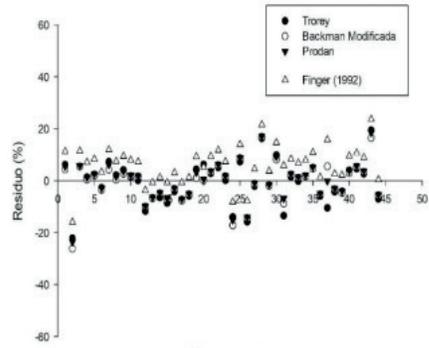
Talhão 86b



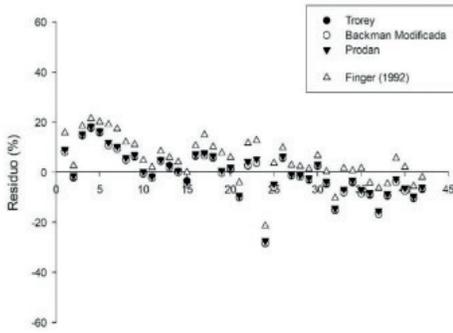
Talhão 62a



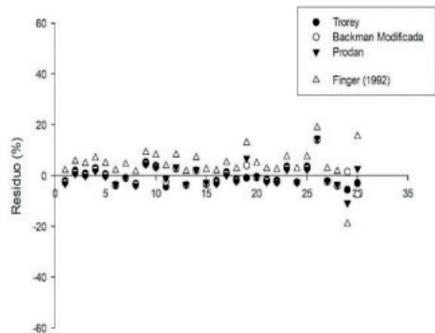
Talhão 64



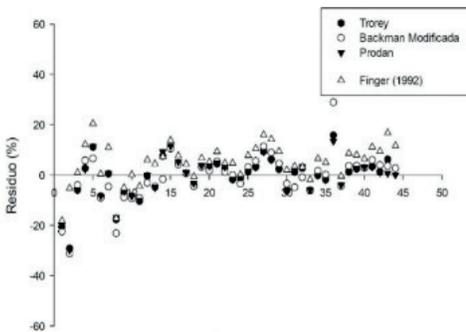
Talhão 166



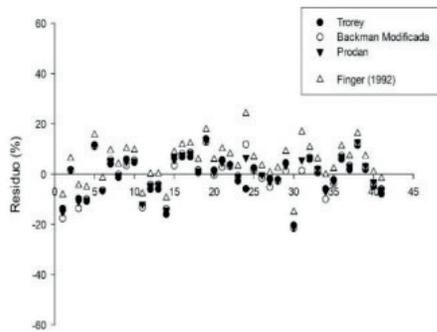
Talhão 70



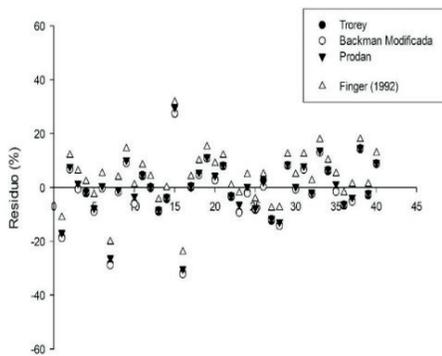
Talhão 151



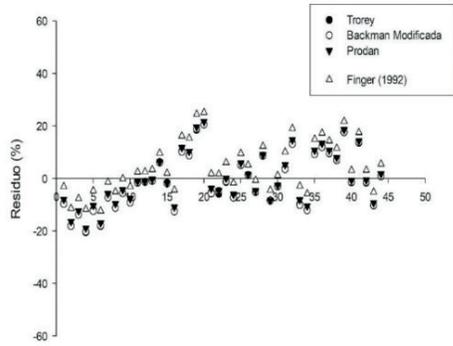
Talhão 168



Talhão 76a



Talhão 79



Talhão 139

Figura 3: Distribuição de resíduo em função da altura total estimada (m) dos modelos hipsométricos ajustados.

Na Figura 4, pode-se observar a relação entre as alturas estimadas e observadas das para as espécies estudadas de acordo com o conjunto de dados utilizado nos ajustes. A relação gerou coeficiente de correlação de Pearson de 0,764; 0,901; 0,821; 0,781 e 0,843 para *E. grandis* (Talhão 70), *E. grandis* (Talhão 62^a), *E. grandis* (Talhão 64), *E. urograndis* (Talhão 76^a) e *E. urograndis* x *E. grandis* (Talhão 79. Também os valores de 0,671; 0,892; 0,911; 0,581 e 0,977 para *E. grandis* (Talhão 86^b), *E. grandis* (Talhão 139), *E. grandis* (Talhão 151), *E. grandis* e *E. grandis* (Talhão 166), e *E. clonal* (Talhão 168), respectivamente. Esse valor é considerado moderado a alto, pois, conforme Cohen (1988), valores entre 0,5 e 1 podem ser interpretados como grandes.

As curvas estimadas apresentaram comportamento esperado para tal relação, verificando-se ausência de tendenciosidade. A inclinação da curva fornece indícios de que este povoamento está em declínio nos talhões 70, 62^a, 64, 76^a e 79, pois visto que segundo Bartoszeck et al. (2004), quando a inclinação da curva é achatada, trata-se no geral de povoamentos mais velhos, onde o incremento corrente anual, principalmente em altura, está em declínio.

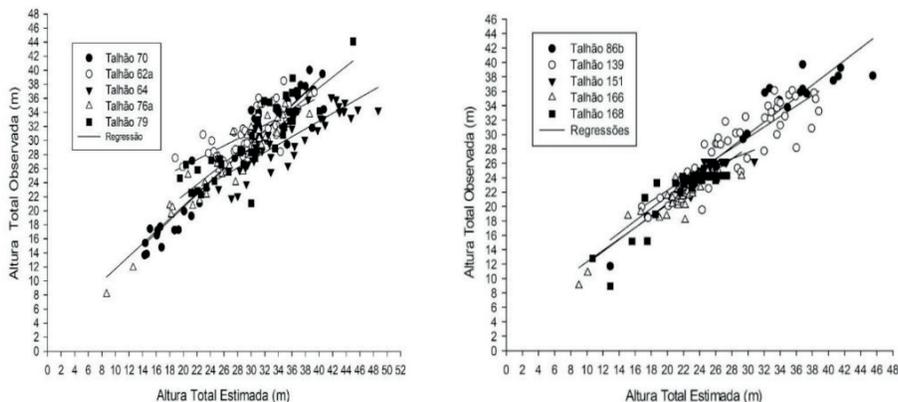


Figura 4: Comportamento da altura observada e estimada para o *Eucalyptus* spp. – para o modelo 3 para os talhões 70, 62^a, 64, 76^a e 79, 86^b, 139, 151, 166 e 168.

Na Tabela 7, o maior volume médio se encontra no talhão 79 (486,13 m³.ha⁻¹), e menor volume para o talhão 151 (184,26 m³.ha⁻¹). O IMA para o talhão 62^a, obteve um resultado inferior aos demais talhões, sendo de 9,38 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, fato este, que é explicado pelo desbaste da área e o maior se deve aos talhões mais jovens. A média nacional que é de 35,7 m³.ha⁻¹ segundo IBÁ (2017). O volume médio variou de 350,17 a 459,50 m³.ha⁻¹ no trabalho de Behrenz *et al.* (2016) para a espécie de *Eucalyptus grandis* pertencente à região do Médio Alto Uruguai do Estado do Rio Grande do Sul. Santos *et al.* (2017) apresentaram o valor médio de 293,5 m³.ha⁻¹, valor próximo ao obtido neste trabalho que foi de 297,93 m³.ha⁻¹. O incremento médio anual por hectare aumentou com o adensamento do espaçamento para 80% dos estratos observados, os talhões 62^a e 76^a não seguiram essa tendência (tabela 7). Isto ocorreu devido um aumento no número de árvores por área em menores espaçamentos, sendo o mesmo comportamento observado por Müller e Couto (2006) que estudaram diferentes espécies e idades de *Eucalyptus*.

Talhão	Área (ha)	Idade (anos)	E.M (m)	Volume médio(m ³ .ha ⁻¹)	IMA (m ³ .ha ⁻¹)
151	0,86	5	2,14 x 2,14	184,26 ^a	36,85
62 ^a	2,68	20	2,18 x 2,18	187,78 ^a	9,38
166	3,72	4	2,13 x 2,13	212,19 ^b	53,05
168	2,32	4	2,13 x 2,13	258,56 ^c	64,64
139	1,74	5	2,27 x 2,27	319,35 ^d	39,92
64	1,42	20	2,19 x 2,19	319,95 ^d	15,24
76 ^a	5,4	19	2,08 x 2,08	327,42 ^e	17,23
86b	0,45	8	2,20 x 2,20	330,66 ^c	22,02
70	0,81	21	2,44 x 2,44	353,01 ^f	16,81
79	9,56	19	2,13 x 2,13	486,13 ^g	25,59

Tabela 7 - Dados de Volume médio, Incremento médio anual, idade e as áreas que abrange cada talhão para as espécies de *Eucalyptus* spp.

Em que: E.M = espaçamento; IMA=incremento médio anual (m³.ha⁻¹) Fonte: Autor (2018).

No trabalho de Sattler (2014), o IMA foi de 68,63 m³.ha⁻¹, para o *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* na região Norte de Mato Grosso, com idade de 4 anos, sendo semelhante ao do trabalho, precisamente para o talhão 168. Para Santos *et al.*, (2012) que estudou clones de *Eucalyptus* com idade de 48 e 72 meses em Minas Gerais encontraram o IMA variando de 40 e 44,51 m³.ha⁻¹, onde o talhão 139 resultou dentro desta faixa de IMA. Para Sattler (2014), os resultados do trabalho não corroboraram, com o estudo de um teste clonal realizado em Juiz de Fora e Ubá (MG) 60 e 72 meses, com IMA de até 90,9 e 82,3 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, e seus volumes médios de 63 e 64,6 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente, porém o volume do talhão 168 se aproximou do trabalho citado. Cortez *et al.*, (2008), afirma que a produtividade de 60 a 80 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ são de espécies melhoradas geneticamente, de produção de híbridos e clonagem, sendo que apenas o talhão 168 correspondeu a faixa de produtividade.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos para cada espécie, a equação que apresentou resultado superior de ajuste e precisão foi a equação de Prodan sendo esta recomendação para estimativa de altura para todas as espécies, idades e talhões estudados na EECFI validando a hipótese aqui testada.

Os maiores incrementos em DAP (cm) e Ht (m) se deram nos talhões 151,166 e 168 composto pela espécie *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus clonal*. Sendo estes indicados para o plantio na região, sendo que a altura das árvores apresentou pouca variação entre os espaçamentos estudados (sendo maior no espaço médio de 4,7 m²). Também a maior IMA em volume (m³) se deu nos talhões 168 seguido do 166.

REFERÊNCIAS

- ATANAZIO, K. A.; KREFTA, S. M.; VUADEN, E.; KLEIN, D. R.; OLIVEIRA, G. S.; SILVA, M. T. Comparação de modelos para relação hipsométrica em floresta de *Pinus taeda* L. no município de Enéas Marques, Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 16, n.4, p. 535-541, 2017.
- BATISTA, J.L.F.; VISMARA, E. S.; MIRANDA, L.G.; SANZOVO, P. G.; ROSÁRIO, V.; MOREIRA, R. M. Manual de Campo: Inventário Florestal contínuo da floresta comercial da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, Piracicaba. **METRVM**. n.7, p. 1-9, 2014.
- BEHRENTZ, N. L.; NORA, J. D.; STIEGEMEIER, R. C. Quantificação do volume e incremento para *Eucalyptus grandis* W. Hill Maiden. In: Salão do conhecimento – Ciência Alimentando o Brasil, 21, 2016, Unijuí. **XXI Jornada de Pesquisa**. Unijuí – Universidade Regional, 2016.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Editora da Unicamp, Campinas, SP, 2008. 736p.
- COUTO, H.T.Z. & BASTOS, N.L.M. Modelos de equações de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba (37): 33-44, 1987.

FERRAZ, A. V.; POGGIANI, F. Biomassa, nutrientes e metais pesados em raízes de eucalipto adubados com diferentes lodos de esgoto. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 311-320, 2014.

FERREIRA, L. N. Ajuste de modelo linear de efeito misto na relação hipsométrica em plantios comerciais de *Tectona grandis* L.f. **Dissertação (Mestrado)**. Piracicaba, USP/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. p. 1-40. 2018.

FILHO, A. F.; MACHADO S. A.; MIRANDA R. O. V.; RETSLAFF, F. A. S. **Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil**. Curitiba. 2014.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/ CEPE/FATEC, 1992. 269 p.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; GONÇALVES, T. D.; MOREIRA, R. M.; MENDES, J. C. T.; GAVA, J. L. Mapeamento de solos e da produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*, com uso de sistema de informação geográfica. Piracicaba, SP. **Sciencia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 187-201, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual 2017**. Disponível em: <ba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

KERSHAW, J. A.; DUCEY, M. J.; BEERS, T. W.; HUSCH, B. **Forest Mensuration**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. v.24.

LEAL, F.A.; MIGUEL, E.P.; MATRICARDI, E.A.T. Mapeamento de unidades produtivas utilizando a interpolação geoespacial krigagem a partir do inventário florestal em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, vol 7, n 13; 2011

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2.ed. Guarapuava: UNICENTRO, 2014.

MCTAGUE, J. P.; BATISTA, J. L. F.; STEINER, L. H. Equações De Volume Total, Volume Comercial E Forma Do Tronco Para Plantações De *Eucalyptus* Nos Estados De São Paulo E Rio De Janeiro. **IPEF**, n.41/42, p.56-63, jan./dez.1989.

MÜLLER MD, COUTO L. Avaliação de densidades de plantio e rotação de plantações de rápido crescimento para produção de biomassa. Viçosa. **Renabio; Documento técnico**, n. 2, 65 p, 2006.

REINER, D. A. Desenvolvimento de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio em Pato Branco – Paraná. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso). Pato Branco. **UTFPR**, 48f. 2012.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; RUZA, M. S.; SIMON, A. A.; JOSÉ, J. F. B. S. Relação hipsométrica em inventários pré-corte em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Científica**, v. 42, n. 1, p. 80-90, 2014.

SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. L.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P. F. Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.971-980, 2012.

SANTOS, M.C.; ROVEDA, M.; ZANON, M. L. B.; FILHO, A. F.; ROIK, M.; PACHECO, J. M.; SCAVINSKI, V. Inventário florestal utilizando técnicas de silvicultura de precisão em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, v.24 n.4 p.7, 2017.

SATTLER, A. J. Potencial energético de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* na região Norte de Mato Grosso. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Mato Grosso. Mato Grosso. p. 1-27, 2014.

SILVA, G. F.; Curto, R. de A.; SOARES, C. P. B.; PIASSI, L. de C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 341-348, Apr. 2012.

SILVA, G. F.; CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Alternativas para estimar o volume comercial em árvores de eucalipto. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 20, p. 467 - 481, 1996.

SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na região sudoeste do paraná. **Técnico-científica do CREA-PR**, v. 2, n. 2, p. 1-9, set. 2014.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa-MG., Ed. da UFV, 2011.

SOUSA, G. T. O. AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4., p 1-7, 2013.

THIERSCH, C. R.; ANDRADE, M. G.; MOREIRA, M. F. B.; LOIBEL, S. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.1, p.01-08, 2013.

VIDAURRE, G. B.; NUTTO. L.; FRANÇA, F. J. N.; BRAZ, R. L.; WATZLAWICK, L. F.; MOULIN, J. C. Tensão de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua relação com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.22, n.3, p. 408-415, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidentes 91, 92, 93, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107

Altura 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 69, 72, 73, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 123, 127

B

Biodiesel 63, 124, 125, 126, 127, 130, 135, 136, 137

Biomassa Florestal 124

Biometria 2, 13, 14, 122

C

Casa de vegetação 15, 17, 18, 30

Clones 10, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 117, 121, 122, 123

Colheita Florestal 11, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106

Crescimento 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 50, 55, 56, 57, 59, 60, 65, 66, 94, 113, 122, 123, 125

D

Declividade 91, 92, 99, 104, 110

Diâmetro 1, 5, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 109, 111, 113, 115, 116, 117

Dinâmica Populacional 9, 11, 81, 82, 83, 84, 88, 89, 90

E

Emissão de CO₂ 50

Energia Renovável 137

Enraizamento 10, 16, 17, 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Equipamento de Proteção 100, 104

Ergonomia 100, 102, 104, 105

Espécie Nativa 2, 125

I

Incremento 70, 108, 112, 113, 119, 120, 121

Inseto-Praga 81

M

Melhoramento Genético 9, 2, 3, 13, 28, 29, 30

Mercado de carbono 65

Miniestaca 21, 22, 24

Modelos Volumétricos 111

Mudas 9, 10, 3, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 37

N

Norma Regulamentadora 92, 95, 102, 104

O

Operações Florestais 9, 91, 94

P

Plantios Clonais 9, 29

Produção Madeireira 108

Projetos Florestais 11, 50, 56

Propagação Vegetativa 9, 16, 17, 22, 28, 29, 30

Propágulo 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25

Q

Qualidade Fisiológica 10, 1

R

Recursos Hídricos 9, 38, 39, 47, 48, 56, 59

Resiliência 81, 85, 86, 88

Riqueza de espécies 86

S

Seca 38, 47

Sementes 9, 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 126, 132, 134, 135, 136, 137

Sequestro de carbono 9, 50, 53, 54, 55, 56, 59, 65, 67

Setor Florestal 28, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 105, 107, 137

Sistemas Agroflorestais 55, 56, 60, 65, 67

T

Talhões 56, 100, 108, 110, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 121

Teste de Germinação 1, 3, 4, 7, 11

V

Valoração Florestal 9

Volume 9, 11, 30, 42, 44, 45, 48, 52, 65, 108, 109, 111, 112, 113, 120, 121, 122, 123



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021



Conceitos e conhecimentos de métodos e técnicas de pesquisa científica em engenharia florestal 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021