



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

**Cristina Aledi Felsemburgh
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021



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

**Cristina Aledi Felsemburgh
(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 Cremo

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
 Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^a Dr^a 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. Arnaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
 Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
 Prof^a Dr^a 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 Federal 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 Gonçalves 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

Thaíse 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

Thaíse 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 Ataíde

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 Caesar 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

CAPÍTULO 1

QUALIDADE FISIOLÓGICA, REPETIBILIDADE E DISSIMILARIDADE GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE SEMENTES DE *Mimosa scabrella* BENTH

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 18/06/2021

Daniceli Barcelos

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC), Departamento de Agricultura
Biodiversidade e Florestas
Curitibanos – SC, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-1155-8862>

Paulo Cesar Flôres Júnior

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA), Instituto de Ciências Agrárias
Belém – PA, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-0415-407X>

Glauciana da Mata Ataíde

Universidade Federal de São João del-Rei
(UFJS), Departamento de Engenharia Florestal
Sete Lagoas - MG, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-9435-6363>

Marcio Dias Pereira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(UFRN), Unidade Acadêmica Especializada em
Ciências Agrárias
Macaíba – RN, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-9729-6503>

Andressa Vasconcelos Flores

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC), Departamento de Agricultura
Biodiversidade e Florestas
Curitibanos – SC, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-7507-8369>

RESUMO: A espécie florestal *Mimosa scabrella* Benth., conhecida popularmente como bracatinga, pertence à família Fabaceae. O uso de sementes de qualidade é um fator determinante para o sucesso do empreendimento florestal, e a principal característica da qualidade a ser analisada é a capacidade germinativa das sementes. Assim o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de dez matrizes de *M. scabrella*, bem como avaliar o coeficiente de repetibilidade e a dissimilaridade genética em características biométricas das sementes. As sementes foram coletadas de uma população do município de Curitibanos, no mês de fevereiro de 2018. Foram realizadas análises como: peso de mil sementes (PMS), teor de água (TA), condutividade elétrica (CE) e teste de germinação (G) onde foram avaliados índice de velocidade de germinação (IVG) e comprimento de plântulas (CMP). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software GENES. Dentre as matrizes avaliadas por meio das análises de peso de mil sementes, teor de água, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula e condutividade elétrica, as matrizes 3 e 9 apresentaram menor qualidade fisiológica, sendo indicada a formação de um lote de sementes de com as matrizes 1, 2, 4, 5, 7 e 10. O coeficiente de repetibilidade foi alto para a característica diâmetro longitudinal da semente, intermediário para o peso da semente, e, baixo para diâmetro equatorial e espessura da semente. Para garantir 90% de determinação, é necessária a medição de 21 sementes, para compreensão de todas as características. Com base nas características

biométricas avaliadas, indica-se o cruzamento entre as matrizes 4 e 7 por apresentarem maior dissimilaridade genética. Ainda, com base na distância de Mahalanobis foi possível formar dois grupos, demonstrando uma variabilidade restrita da população estudada.

PALAVRAS - CHAVE: Bracatinga, divergência genética, espécie florestal, biometria.

PHYSIOLOGICAL QUALITY, REPEATABILITY AND GENETIC DISSIMILARITY FOR BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF SEEDS OF *Mimosa scabrella* BENTH

ABSTRACT: The forest species *Mimosa scabrella* Benth, popularly known as bracatinga, belongs to the family Fabaceae. The use of quality seeds is a determinant factor for the success of the forest growth, one of the main characteristics of the germinative capacity of the seeds. Thus the present work had the objective of evaluating the physiological quality of seeds of ten matrices of *M. scabrella*, as well as to evaluate the repeatability coefficient and genetic dissimilarity in biometric characteristics of the seeds of the study population. The seeds were collected from a population of the municipality of Curitiba, in the month of February, 2018. Analyzes were performed as: thousand seed weight (PMS), water content (TA), electrical conductivity (CE) and germination (G), where they were evaluated germination speed index (IVG) and seedling length (CMP). All statistical analyzes were performed using the GENES software. Among the matrices evaluated by means of the tests of thousand seed weight, water content, germination, germination speed index, seedling length and electrical conductivity 3 and 9 presented lower physiological quality, indicating the formation of a batch of seed of qualities of the matrices 1, 2, 4, 5, 7 and 10. The repeatability coefficient was high for the characteristic longitudinal diameter of the seed, intermediate for the weight of seed, and, down to equatorial diameter and seed thickness. To ensure 90% determination, it is necessary to measure 21 seeds, to understand all the characteristics. Based on the biometric characteristics evaluated, the crosses between matrices 4 and 7 are indicated because they present greater genetic dissimilarity. Also, based on the Mahalanobis distance, it was possible to form two groups, demonstrating a restricted variability of the studied population.

KEYWORDS: Bracatinga, genetic divergence; forest species, biometrics.

INTRODUÇÃO

A bracatinga é um exemplo de espécie nativa com potencial para tornar-se viável comercialmente. Isso será possível devido à natureza perene, e ao desenvolvimento de estudos genéticos de populações e de trabalhos de melhoramento genético à longo prazo. Nessa perspectiva, a realização de trabalhos de melhoramento genético de espécies nativas, no meio acadêmico, é possibilitada pela continuidade dos estudos realizados numa mesma população, em períodos diferentes por pesquisadores distintos. Sendo assim, através das sucessivas gerações melhoradas, pode-se obter genótipos mais produtivos a serem disponibilizado aos produtores (NASCIMENTO, 2010).

Através de testes de germinação realizados em laboratórios é possível avaliar o potencial fisiológico das sementes. O uso de sementes de qualidade é um fator determinante para o sucesso do empreendimento florestal, e a principal característica relacionada à

qualidade a ser analisada é a capacidade germinativa das sementes, pois, sem esta, a semente não possui valor para a semeadura, e dela também dependem a qualidade das mudas e a implantação de um reflorestamento com bons resultados (GONÇALVES et al., 2013).

De forma complementar ao teste de germinação são realizados testes de vigor, sendo estas ferramentas importantes para determinar a qualidade fisiológica de sementes florestais, sendo aperfeiçoados constantemente. Dentre estes, podem ser citados os testes de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, lixiviação de potássio e tetrazólio.

Juntamente, o conhecimento sobre produção e tecnologia de sementes florestais assume importância fundamental no processo de manejo, conservação e melhoramento genético dessas espécies. Sendo assim, é de extrema importância a escolha de plantas matrizes sadias, com boa capacidade de produção de sementes, associada a um monitoramento adequado do processo de produção e coleta de sementes (ROVERI NETO, 2014).

Em programas de melhoramento, os testes genéticos demandam seleção de plantas superiores, as quais apresentem características interessantes para recombinação, e ao escolher um genótipo, acredita-se que sua superioridade perdure durante toda a sua vida (CRUZ et al., 2012). Pode-se estimar o coeficiente de repetibilidade realizando várias medições em um mesmo indivíduo com variações no tempo ou no espaço. Através desse coeficiente é possível avaliar se a seleção estabelecida para uma característica fenotípica será confiável, isto é, se os genótipos selecionados manterão sua superioridade. Possibilita ainda, determinar o número de medições necessárias em cada indivíduo (DANNER et al., 2010).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *M. scabrella*, e estimar o coeficiente de repetibilidade para características biométricas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da Área de Coleta das Sementes

Os frutos foram colhidos de 10 matrizes localizadas no entorno do Campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina (27°17'7" Sul, 50°32'3" Oeste) a uma altitude de 987 m, no município de Curitiba – SC. As sementes de *M. scabrella* foram coletadas no mês de fevereiro de 2018, diretamente na árvore através do método de vibração da copa com o auxílio de podão, fazendo com que as sementes caíssem sobre a lona instalada na projeção da copa (MAZUCHOWSKI, 2014).

Após a coleta as sementes foram beneficiadas manualmente com o auxílio de peneiras, sendo descartadas as sementes imaturas, deterioradas ou danificadas. Posteriormente, foram determinados o teor de água pelo método de estufa a 105 ±

3°C durante 24 horas, com 4 repetições, e o peso de mil sementes. O teor de água foi realizado para cada matriz, porém o peso de mil sementes realizou-se somente para sete matrizes, devido à falta de sementes para realização desta análise. Ambas as análises foram realizadas conforme recomendações das Regras de Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia e Genética da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus de Curitiba.

Teste de Germinação, Índice de Velocidade de Germinação e Comprimento de Plântulas

O teste de germinação foi realizado de acordo com as instruções para análise de sementes de espécies florestais (BRASIL, 2013). Para realização do teste inicialmente a dormência das sementes foi superada com água a 80°C por 24 horas. Para o teste foram utilizadas caixas de plástico transparente do tipo gerbox, com tampa e duas folhas de papel germitest como substrato, umedecidas com 2,5 vezes a massa do papel com água destilada, o teste foi incubado em câmara de germinação à temperatura constante de 25°C. As avaliações do número de sementes germinadas foram realizadas diariamente, possuindo como critério de germinação a emissão da raiz primária. Ao concluir o teste, que teve duração de 10 dias, foram determinados: porcentagem de germinação (%G), considerando a relação percentual entre o número de sementes com emissão de raiz primária e o número de sementes colocadas para germinar e o índice de velocidade de germinação (IVG), resultante do somatório da razão da germinação diária pelo tempo, em dias, decorrido do início do teste. Juntamente com as avaliações destes testes realizou-se a avaliação do comprimento de plântula (CMP), a qual foi obtida com o auxílio de régua graduada em centímetros. As variáveis G(%), IVG e CMP, foram submetidas a Análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para realização das análises foi utilizado o software GENES (CRUZ, 2013).

Teste de Condutividade Elétrica

Para realização do teste de condutividade elétrica (CE) foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes, as quais foram pesadas em balança analítica e postas em recipiente contendo 75 mL de água destilada, colocados em câmara germinadora tipo B.O.D. com temperatura constante de 25 °C durante um período de embebição de 24 horas. Após esse período de embebição, realizou-se a leitura da condutividade elétrica da solução na qual as sementes ficaram imersas, utilizando um condutivímetro digital de bancada (MS Tecnopon, modelo mCA 150). Os resultados de leitura foram divididos pelos respectivos valores de massa das amostras das sementes, sendo os valores expressos em $\mu\text{S.cm.g}$ de semente. A variável CE foi submetida a Análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para realização da análise foi utilizado o software GENES (CRUZ, 2013).

Repetibilidade e Dissimilaridade Genética de Características Biométricas

Para estimar o coeficiente de repetibilidade foram avaliadas 100 sementes de cada matriz, para determinar as características: peso de sementes (PS), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial da semente (DES) e espessura da semente (ES). O PS (g) foi determinado em balança analítica com 0,0001 g de precisão. Os DLS, DES e ES (mm) foram obtidos com o auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

A estimativa dos coeficientes de repetibilidade foi realizada por meio da análise de variância de fator único (ANOVA); componentes principais com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV); e análise estrutural (AE) com base na matriz de covariância.

No método de análise de variância o coeficiente de repetibilidade é estimado por meio de resultados da própria variância, que é calculada de acordo com a equação:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \varepsilon_{ij}$$

Em que: Y_{ij} : observação referente ao i -ésimo indivíduo na j -ésima medição; μ : média geral; g_i : efeito aleatório da i -ésima subamostra sob influência do ambiente permanente ($i = 1, 2, \dots, n$ indivíduos); a_j : efeito da j -ésima medição ($j = 1, 2, 3$); ε_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

O coeficiente de repetibilidade mede a maior ou menor capacidade das plantas de repetir a expressão fenotípica de uma determinada característica, e é obtido pela equação:

$$r = \frac{\sigma_g^2}{\sigma^2 + \sigma_g^2}$$

Em que: σ_g^2 = estimativa da variância entre genótipos e σ^2 = estimativa da variância do erro experimental.

O coeficiente de determinação, que representa a porcentagem de certeza na predição do valor real dos indivíduos selecionados com base em η medições é obtido pela equação:

$$R^2 = \frac{\eta r}{1 + r(\eta - 1)}$$

Após estimado o coeficiente de repetibilidade (r), foi realizada a estimativa do número de medições (η_0) necessárias para predizer o valor real dos indivíduos em diferentes porcentagens de determinação (80, 85, 90, 95 e 99%), obtido pela equação:

$$\eta_0 = \frac{R^2(1\hat{r})}{(1 - R^2)\hat{r}}$$

A dissimilaridade genética foi avaliada para as 10 matrizes a fim de obter o agrupamento das mesmas por similaridade. O método de agrupamento utilizado foi o UPGMA (*Unweighted Pair Group Method Using Arithmetic Average*) obtendo-se o dendrograma pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2). A contribuição relativa de

cada variável para a divergência foi avaliada pelo método de Singh (SINGH, 1981). As análises estatísticas foram realizadas por meio do software GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *M. scabrella* apresentaram após o beneficiamento, teor de água médio de $6,88 \pm 1,08\%$, e peso de mil sementes de $16,46 \pm 1,90$ g (Tabela 1). A umidade na semente proporciona condições diversas no armazenamento, portanto quanto maior o teor de água da semente armazenada, mais elevado será o número de fatores adversos à conservação da sua qualidade fisiológica, e no presente trabalho o teor de água encontrado é considerado favorável ao armazenamento em embalagens impermeáveis (MAZUCHOWSKI et al., 2014). Conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), as sementes de bracinga (*M. scabrella*) são classificadas como sementes pequenas.

Ressalta-se que para algumas matrizes não foram obtidas sementes em quantidades suficientes para avaliação do peso de mil sementes e outros parâmetros (Tabela 1), o que pode ser devido ao processo de maturação da espécie variar entre plantas, na mesma região e no mesmo ano, ou seja, diferentes matrizes apresentam maturação de frutos/sementes em períodos diferentes, o que pode ter ocasionado a redução do número de sementes em algumas matrizes, no momento da operação de colheita (MAZUCHOWSKI et al., 2014).

Matriz	Teor de água (%)	Peso de mil sementes (g)
1	6,32	18,03
2	7,25	15,35
3	8,85	15,16
4	6,16	14,23
5	5,67	17,76
6	7,14	-*
7	7,23	19,37
8	6,66	-*
9	8,15	-*
10	5,35	15,33
Média	6,88	16,46
Desvio Padrão	1,08	1,90
CV (%)	15,67	11,54

Tabela 1 – Teor de água (%) e peso de mil sementes (g) para sementes de dez matrizes de *Mimosa scabrella* Benth., colhidas em Curitiba – SC.

*Matrizes com sementes insuficientes para determinação deste parâmetro.

A análise de variância constatou diferenças significativas (Tabela 2), para todas as

características avaliadas, germinação (G%), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula (CMP) e condutividade elétrica (CE).

Verifica-se que no teste de germinação se destacaram as matrizes 3 e 9 como de menor qualidade fisiológica, diferindo estatisticamente das demais, ou seja, as matrizes 1, 2, 4, 5, 7 e 10 foram agrupadas num mesmo nível de viabilidade, não diferindo entre si (Tabela 2). Os resultados obtidos no teste de germinação corroboram com Marcos Filho (2015), uma vez que, que os objetivos dos testes de vigor são identificar diferenças significativas na qualidade fisiológica de lotes de sementes com germinação similar. Com base no padrão apresentado para germinação da espécie *M. scabrella* é de 71% (WIELEWICKI et al., 2006), verifica-se que as sementes de todas as matrizes avaliadas estão acima do padrão.

Matrizes	G (%)	IVG	CMP (cm)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)
1	100,00 a	55,23 ab	16,26 a	27,97 ab
2	99,25 a	55,26 ab	15,58 ab	31,65 bcd
3	83,25 b	48,46 bc	13,21 c	33,61 d
4	98,00 a	54,37 ab	13,80 bc	34,30 d
5	100,00 a	59,65 a	14,49 abc	27,42 a
6	–**	–**	–**	–**
7	98,25 a	53,17 ab	14,98 abc	26,39 a
8	–**	–**	–**	–**
9	83,00 b	40,27 c	14,79 abc	29,14 abc
10	97,00 a	59,27 a	15,03 ab	32,46 dc

Tabela 2 – Médias de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula (CMP) e condutividade elétrica (CE), para sementes de dez matrizes de *Mimosa scabrella* Benth, colhidas em Curitiba – SC.

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Matrizes com sementes insuficientes para determinação deste parâmetro.

Menegatti (2015), em estudo com *M. scabrella*, observou que o teste de germinação é de grande importância para explicar as variações existentes entre procedências distintas de ocorrência natural. Conforme Alves et al. (2005), em estudo sobre a germinação de sementes de *M. caesalpinifolia* Benth, oriundas de diferentes procedências, estas não foram influenciadas pelo tamanho das sementes, demonstrando que pode não haver correlação entre os caracteres biométricos de sementes e as variáveis do processo germinativo, explicando a não adoção de classes de tamanho como indicativo de sucesso no estabelecimento de plântulas.

Ao final do teste de germinação, foi avaliado o IVG, sendo, os maiores IVG encontrados para as matrizes 5 e 10, que não diferiram estatisticamente, das matrizes 1,

2, 4 e 7, respectivamente. Menegatti (2015), considerou a variável IVG adequada para a diferenciação de matrizes. Diversos autores relacionam os dados de IVG para distinguir os melhores tratamentos e/ou lotes de sementes, uma vez que, quanto maior o valor de IVG, maior é a germinação diária, sendo estes lotes os de maior vigor (GOMES, 2013).

A determinação do comprimento médio das plântulas normais é realizada, considerando que as amostras que expressam os maiores valores são mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). As médias do comprimento de plântula variaram de 13,21 a 16,26 cm, dentre as matrizes, sendo que as matrizes 1, 2, 3, 5, 7, 9 e 10 apresentaram maior qualidade fisiológica, diferindo-se estatisticamente das matrizes 3 e 4, demonstrando que este parâmetro pode ser utilizado para diferenciar matrizes quanto ao vigor. Em estudos com *M. scabrella*, Menegatti (2015), encontrou valores variando de 10,44 a 14,85 cm, inferindo que esta variável se mostra eficiente na detecção das diferenças e separação das matrizes, quanto à qualidade fisiológica das sementes.

Com relação ao teste de condutividade elétrica, a análise dos dados mostrou relação direta com os testes anteriores na avaliação da qualidade das sementes das matrizes. Destacando-se as matrizes 5 e 7 como as de melhor qualidade e as matrizes 3 e 4 com o valor elevado de condutividade elétrica, sendo, portanto, as que apresentam menor qualidade fisiológica. À medida que a semente vai envelhecendo, ocorre a sua deterioração, resultando na perda da integridade dos sistemas de membranas da célula, resultando no aumento de sua permeabilidade, o que causa a lixiviação de eletrólitos e maior condutividade elétrica (SANTOS e PAULA, 2009).

Na análise de repetibilidade (Tabela 4) houve diferenças significativas entre as matrizes avaliadas, para todas as características de acordo com a análise de variância, isto também foi verificado por Santos et al. (2010), e demonstra que o componente de variância genético, confundido com os efeitos do ambiente é significativo nessa população. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade (r) obtidos com relação as quatro características por meio dos quatro métodos estatísticos utilizados. Observa-se que o melhor método para obtenção das estimativas do coeficiente de repetibilidade é dos componentes principais de covariância (CPCV), isso ocorre pelo fato de este considerar o comportamento cíclico dos caracteres (ABEYWARDENA, 1972).

Os resultados obtidos nos diferentes métodos seguem o padrão de resultados observados por Farias (2016), ao analisar frutos de *Passiflora* spp., no qual as estimativas do coeficiente de repetibilidade obtidas pelo método da análise de variância (ANOVA) foram sempre inferiores ou iguais as estimativas obtidas pelos demais métodos. Conforme Costa (2003), os valores inferiores obtidos por meio do método da ANOVA, são resultantes da variância genotípica, empregada para estimar a repetibilidade, já que esta pode não ser completamente de origem genética, uma vez que o componente de variância do ambiente entre indivíduos permanece somado com a variância genotípica, enquanto o método de componentes principais permite isolar o efeito da alternância.

Característica	Coefficiente	ANOVA	CPCV	CPC	AE
OS	r	0,03	0,46	0,28	0,03
	R ²	76,95	98,85	97,55	76,95
DLS	r	0,56	0,61	0,59	0,56
	R ²	99,22	99,37	99,33	99,22
DES	r	0,21	0,29	0,29	0,21
	R ²	96,47	97,71	97,63	96,47
ES	r	0,22	0,33	0,29	0,22
	R ²	96,68	98,08	97,69	96,68

Tabela 4 – Estimativa dos coeficientes de repetibilidade (r) e dos coeficientes de determinação (R²) utilizando os métodos de análise de variância (ANOVA), dos componentes principais baseado na matriz de correlação (CPC) e de covariância (CPCV), e análise estrutural (AE) baseado na matriz de covariância.

Legenda: PS: peso de sementes, DLS: diâmetro longitudinal de sementes; DLS: diâmetro equatorial de sementes; ES: espessura de sementes.

Conforme a classificação de Resende (2015), a característica que apresentou alta repetibilidade ($r \geq 0,60$) foi o DLS, para o método CPCV, apresentando repetibilidade intermediária para os demais métodos, com variação de $0,56 \leq r \leq 0,59$. Para a característica de OS, obteve-se repetibilidade intermediária, com valor de $r \leq 0,46$, para o método CPCV. As demais características avaliadas DES e ES, apresentaram repetibilidade baixa para o método CPCV, com valores de $0,21 \leq r \leq 0,29$ e $0,22 \leq r \leq 0,33$ respectivamente, para coeficiente de determinação, acima de 97%.

Oliveira e Moura (2008), por meio dos métodos de análise do coeficiente de repetibilidade é possível determinar um número mínimo de medições necessárias por indivíduo, observando quais características apresentam maiores contribuições, para que se possa considerar no processo de melhoramento, para os diferentes métodos pode ser visualizado na tabela 5.

Caract.	Método	Coeficiente de determinação (%)				
		80	85	90	95	99

PS	ANOVA	119,7(120)	169,7(170)	269,5(270)	569,0(569)	2965,0(2965)
	CPCV	4,6(5)	6,5(7)	10,4(11)	21,9(22)	114,5(115)
	CPC	10,0(10)	14,2(15)	22,5(23)	47,6(48)	248,2(249)
	AE	16,4(17)	23,2(24)	36,9(37)	77,9(78)	406,0(406)
DLS	ANOVA	3,1(4)	4,4(5)	7,0(7)	14,8(15)	77,3(78)
	CPCV	2,5(3)	3,5(4)	5,6(6)	11,8(12)	61,8(62)
	CPC	2,6(3)	3,7(4)	6,0(6)	12,7(13)	66,2(67)
	AE	2,9(3)	4,2(5)	6,6(7)	14,1(15)	73,5(74)
DES	ANOVA	14,6(15)	20,6(21)	32,8(33)	69,3(70)	361,3(362)
	CPCV	9,3(10)	13,2(14)	21,0(21)	44,5(45)	231,9(232)
	CPC	9,7(10)	13,7(14)	21,8(22)	46,0(47)	240,1(241)
	AE	13,6(14)	19,3(20)	30,7(31)	64,9(65)	338,3(339)
ES	ANOVA	13,7(14)	19,4(20)	30,8(31)	65,1(66)	339,6(340)
	CPCV	7,7(8)	11,0(11)	17,5(18)	37,0(37)	192,8(193)
	CPC	9,4(10)	13,3(14)	21,2(22)	44,8(45)	233,6(234)
	AE	14,3(15)	20,3(21)	32,3(33)	68,2(69)	355,7(356)

Tabela 5 – Número de medições necessárias para obtenção de diferentes coeficientes de determinação para as características peso de semente (PS), diâmetro longitudinal de semente (DLS), diâmetro equatorial de semente (DES), e espessura de semente (ES), para cada um dos métodos testados.

* Valores em parênteses indicam valores arredondados de número de sementes.

Legenda: ANOVA: Análise de variância; CPC: componentes principais baseados na matriz de correlação, CPCV: componentes principais baseados na matriz de covariância; AE: análise estrutural baseada na matriz de covariância.

Conforme Cruz et al. (2012), o número mínimo de medições necessárias é inversamente proporcional ao coeficiente de repetibilidade, pois, quanto maior a estimativa do coeficiente, menor será o número de medições necessárias. Isto justifica os números mínimos de medições necessárias encontrados para CPCV serem iguais ou inferiores aos outros métodos para todas as características em todos os graus de liberdade.

Farias Neto et al. (2003) considera como satisfatório para a tomada de decisão sobre a superioridade dos indivíduos ter como base um coeficiente de determinação de 90%. Assim, considerando-se o método CPCV, o número mínimo de medições para alcançar 90% de determinação é de 11 sementes para PS, 6 sementes para DLS, 21 sementes para DES e 18 sementes para ES. De modo geral, indica-se a medição de 21 sementes. Desse modo, pode-se afirmar que um R^2 de 90% é suficiente para garantir, além do mínimo gasto dos recursos e mão de obra para a realização da caracterização, a confiabilidade mínima dos dados.

Além da estimativa do coeficiente de repetibilidade para as características de interesse, é de extrema importância mensurar a contribuição relativa que os caracteres

desempenham na divergência genética entre matrizes (ROVERI NETO, 2014). Dessa forma, com base na metodologia proposta por Singh (1981), com relação a contribuição relativa dos caracteres para diversidade, pode-se observar na tabela 6 que as características de DLS e ES são as que apresentam maior contribuição, entre as características avaliadas, sendo estas responsáveis por 77,67 e 12,74%, respectivamente, de toda a variação para a diversidade encontrada entre as matrizes estudadas.

Característica	Contribuição Relativa (%)
OS	0,64
DLS	77,67
DES	8,95
ES	12,74

Tabela 6 – Contribuição relativa das características morfológicas em sementes de *Mimosa scabrella* Benth. para a variabilidade entre matrizes

Legenda: PS = Peso de sementes; DLS = Diâmetro Longitudinal de Sementes; DES = Diâmetro Equatorial de Sementes e ES = Espessura de Sementes.

Menegatti (2015), em estudo avaliando a dissimilaridade para sementes de *M. scabrella*, verificou que os caracteres que mais contribuíram para a divergência foram o comprimento e largura de sementes, porcentagem de plântulas normais, porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e massa verde de plântulas. Dessa forma características relacionadas ao teste de germinação, como índice de velocidade de germinação e percentual de germinação, foram mais relevantes para explicar as variações existentes entre as diferentes procedências, porém, neste trabalho características fisiológicas não foram avaliadas, impedindo assim uma comparação direta.

Flôres Júnior et al. (2018), em estudo com sementes de *Acacia mearnsii*, também observou que a característica peso de sementes apresentou menor contribuição para as análises de diversidade, porém, a retirada de tais características com baixas contribuições pode acarretar em alteração do agrupamento inicial, não sendo recomendadas, principalmente quando não se realizaram várias análises, em diferentes anos.

As análises das características biométricas das sementes permitiram a diferenciação das dez matrizes, bem como seu agrupamento de acordo com a similaridade (Figura 1). As plantas desse estudo se dividem em dois grupos, sendo um representado pelas matrizes 4, 10, 3, 2, e 1 e outro pelas matrizes 6, 8, 9, 5 e 7. Ainda que o método UPGMA favoreça a separação de indivíduos, como enfatizado por Silva (2012), nesse estudo não foi verificada a presença de indivíduos de outras populações, o que é indicado pela ausência de grupos individualizados (Figura 1).

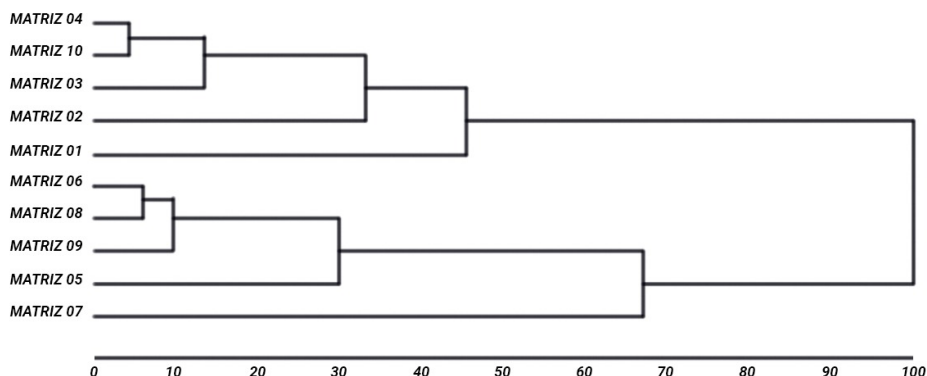


Figura 1 – Dendrograma com agrupamento UPGMA, através da distância genética de Mahalanobis para 10 matrizes de *Mimosa scabrella* Benth. com base nas características biométricas das sementes colhidas em 2018.

As matrizes 4 e 10 foram as que apresentaram maior similaridade entre si. De modo geral pode-se observar que a distância entre as matrizes foi baixa, isso se deve ao fato de essas matrizes pertencerem à mesma população, indicando que as mesmas são aparentadas.

Conforme Cruz et al. (2012), o cruzamento entre famílias de grupos similares deve ser evitado para garantir a variabilidade, pois a mesma é fundamental em programa de melhoramento e conservação genética. Desse modo, as matrizes 4 e 7 são as mais divergentes e devem compor programas de intercruzamento para obtenção de genótipos superiores, em futuros programas de melhoramento para a espécie em estudo.

CONCLUSÃO

Dentre as matrizes avaliadas por meio da análise de qualidade fisiológica, para a formação de um lote de sementes de alta qualidade indica-se apenas as matrizes 1, 2, 4, 5, 7 e 10. O coeficiente de repetibilidade foi alto para a característica DLS, intermediário para o PS, e, baixo para DES e ES. É necessária a medição de 21 sementes para garantir 90% de determinação. Verificou-se formação de dois grupos através na análise de dissimilaridade genética.

REFERÊNCIAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

ALVES, E. U. BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P. ALVES, A. U.; ALVES, A. U. DE PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 29, n. 6, p. 877-885, nov./dez., 2005.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA /DNDV /CLAV, 365 p, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: MAPA, 98 p. 2013.

COSTA, J. G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, v. 33, p. 263-266, mar-abr, 2003.

CRUZ, C. D. GENES – A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. v.1. Viçosa - MG: Ed. UFV, 2012.

DANNER, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em açaizeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria- RS, v. 10, n. 40, p. 2089-2091, 2010.

FARIAS NETO, J. T., LINS, P. M. P., MULLER, A. A. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade para produção de fruto e albúmen sólido em coqueiro híbrido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p.1237-1241, 2003.

FARIAS, D. H. **Caracterização da diversidade genética e resposta ao Cowpea aphid-borne mosaic vírus em acessos e híbridos RC1 de Maracujazeiro**. 2016, 155 f. Tese (Programa de Pós Graduação em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2016.

FLORES JÚNIOR, P. C.; IKEDA, A. C.; SCHUHLI, G. S.; SILVA, L. D.; HIGA, A, R. Repeatability and genetic dissimilarity using biometric traits of black wattle seeds. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.5, n.2, p.333-337, jun, 2018.

GOMES, K. B. P.; VILARINO, M. L. G.; PEREIRA, V. S.; FERRARO, A. C. Avaliação da emergência e do crescimento inicial de plântulas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 02, n. 1, p. 75-84, 2010.

GONÇALVES, L. G. V.; ANDRADE, F. R.; MARIMON JUNIOR, B. H.; SCHOSSLER, T. R.; LENZA, E.; et al. Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. Lisboa, v. 36, n. 1, p. 31-40, nov, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

MAZUCHOWSKI, J.Z.; RECH, T.D., T.R.; TORESAN, L. (Orgs.). **Bracatinga, Mimosa scabrella Benth**: cultivo, manejo e usos da espécie. Florianópolis: Epagri, 2014. 365p.

MENEGATTI, R. D. **Caracterização genética em sementes e mudas de diferentes procedências e progênes de Mimosa scabrella Benth. Do estado de Santa Catarina**. 2015, 100 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Lages, 2015.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSWIKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24

NASCIMENTO, A. G. **Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênes e procedências da *Mimosa scabrella* Benth (bracatinga)**. 2010, 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq. Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, M. S. P.; MOURA, E. F. Estimativas de repetibilidade para caracteres de cacho de Bacabá (*Oenocarpus Mapora*). In: XX Congresso Brasileiro De Fruticultura, 20. 2008, Vitória. **Anais....** Vitória: Embrapa, p. 1 – 5, 2008.

RESENDE, M.D.V. **Genética quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema. 2015. 463p.

ROVERI NETO, A. **Divergência genética entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil. para características de frutos e sementes**. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento de plantas), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – Unesp. Jaboticabal, 2014.

SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 007-016, mar, 2009.

SILVA, A. R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria), Viçosa, 2012.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**. v. 41, p. 237-245, 1981.

WIELEWICKI, A. P.; LEONHART, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A. C. S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p.191-197, 2006.

CAPÍTULO 2

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Dilson Antônio Bisognin

Departamento de Fitotecnia
Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7298261913496737>

Renata Smith Avinio

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0216989152895940>

Junior Oliveira Mendes

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5369114709554889>

Kelen Haygert Lencina

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Agricultura, Biodiversidade e
Florestas
Curitibanos, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/4928712279269846>

Angélica Costa Malheiros

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1357958746601642>

Thaíse da Silva Tonetto

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/7581324449240872>

Denise Gazzana

Universidade Federal de Santa Maria
Santa Maria, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1114420818748113>

RESUMO: Objetivou-se avaliar o crescimento em diâmetro do colo e altura de mudas de *Cordia trichotoma* produzidas a partir de diferentes tipos de propágulo e submetidas a diferentes adubações de cobertura e tempo de avaliação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e de sombra com miniestacas enraizadas cultivadas em tubetes de 110 cm³ preenchidos com substrato comercial e vermiculita na mesma proporção. Testaram-se três tipos de propágulo (uma gema, duas gemas e apical), quatro adubações de cobertura (diferentes concentrações de nitrogênio e potássio), em quatro avaliações (30, 60, 90 e 120 dias). Mudas de *C. trichotoma* produzidas por miniestaquia e adubadas com sulfato de amônio e cloreto de potássio apresentam bom crescimento em diâmetro do colo e altura.

PALAVRAS - CHAVE: Espécie nativa; adubação de cobertura; tipo de propágulo; produção de mudas.

GROWTH OF SEEDLINGS OF *CORDIA TRICHOTOMA* SUBMITTED TO DIFFERENT TREATMENTS IN NURSERY

ABSTRACT: The objective was to evaluate the growth in diameter and height of *Cordia trichotoma* seedlings in different type of propagule, cover

fertilizations and time of evaluation. The experiment was carried out in a greenhouse and shade house with rooted mini-cuttings from 110 cm³ tubes filled with the same proportions of commercial substrate and vermiculite. The treatments were: three types of propagule (one bud, two buds and apical), four cover fertilizations (different concentrations of nitrogen and potassium), and four evaluations (30, 60, 90 and 120 days). Plantlets of *C. trichotoma* produced by mini-cuttings and fertilized with ammonium sulfate and potassium chloride show good growth in diameter and height.

KEYWORDS: Native species; cover fertilization; propagule type; plantlet production.

1 | INTRODUÇÃO

Cordia trichotoma (Vell.) Arrab. ex Steud., conhecida popularmente como louro-pardo, é uma espécie de porte arbóreo nativa do Brasil pertencente à família Boraginaceae. Integra o grupo sucessional secundário inicial com tendência a ser pioneira, podendo atingir até 35 m de altura e diâmetro à altura do peito (DAP) entre 70 e 90 cm. O louro-pardo é uma planta caducifólia na estação de repouso vegetativo (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

A espécie apresenta potencial para o plantio com fins econômicos, devido a sua grande durabilidade e qualidade da madeira, sendo empregada na confecção de móveis, entre outros. Entretanto, para se estabelecer plantios de qualidade é indispensável que se tenha mudas com excelentes caracteres silviculturais. Nesse sentido, a propagação vegetativa através da miniestaquia permite propagar genótipos de interesse.

A propagação vegetativa de plantas consiste na utilização de partes de uma planta doadora, denominados propágulos, destinados à produção de novos indivíduos completos e idênticos à planta que deu origem ao material (SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003). A miniestaquia visa a formação de mudas por meio do enraizamento de um propágulo, o qual, por sua vez, consiste em um processo complexo que envolve o redirecionamento de células para formação de um novo sistema radicular adventício. Por ser um processo complexo, depende de diferentes fatores, como por exemplo, o tipo de propágulo, o substrato, a concentração de ácido indolbutírico (AIB), entre outros.

O crescimento de mudas é também uma fase importante, uma vez que as plantas mais vigorosas permitem maior chance de sucesso no estabelecimento de povoamentos florestais (BARBOSA et al., 2003). Vários aspectos também afetam a qualidade da muda, entre eles, o tipo de recipiente, substrato, a adubação, irrigação e o manejo em viveiro. Em razão do grande número de espécies, e de suas exigências nutricionais, não há recomendações específicas de adubação (GONÇALVES et al., 2005).

Gonçalves et al. (2005) recomendam repetir a adubação de cobertura em intervalos de 7 a 10 dias para as espécies pioneiras e secundárias iniciais, como é o caso do louro-pardo, cuja recomendação é de 200 g de sulfato de amônio [(NH₄)SO₄] e 150 g de cloreto de potássio (KCl), em 100 litros de água, com aplicações intercaladas de cloreto de potássio. Já Valeri e Corradini (2005) indicam a fertilização de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*, com

1.000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio, dissolvidos em 100 litros de água, a cada 7 ou 10 dias, alternando a aplicação de cloreto de potássio.

Apesar do louro-pardo ser uma espécie com aptidão madeireira, ainda são escassos os estudos que abordam a produção de mudas por meio de propagação vegetativa. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento em diâmetro do colo e a altura de mudas de *Cordia trichotoma* produzidas a partir de diferentes tipos de propágulo e submetidas a diferentes adubações de cobertura e tempo de avaliação.

2 | METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido durante os meses de março a setembro de 2020 no Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas (MPVP), da Universidade Federal de Santa Maria. As mudas utilizadas para estudar o crescimento em diâmetro do colo e altura foram originadas pelo enraizamento de miniestacas coletadas em minijardim clonal.

O minijardim clonal foi construído em bandejas de polietileno com sistema fechado de cultivo e areia grossa como substrato (BISOGNIN et al., 2015). As minicepas foram fertirrigadas de 2 a 3 vezes ao dia, por 15 min., com o auxílio de um programador digital e bomba submersa de baixa vazão. A solução nutritiva foi preparada conforme descrito por Pimentel et al. (2020).

As brotações das minicepas foram coletadas e seccionadas em miniestacas com uma gema (GU), duas gemas (2G), e a porção apical (AP) com área foliar original foi reduzida em 50%. As miniestacas tiveram sua porção basal imersa na solução hidroalcoólica de ácido indolbutírico com concentração de 3.000 mg L⁻¹ por 10 s. O enraizamento das miniestacas foi realizado em câmara úmida automatizada com temperatura média de 32° C e nebulização a cada 30 min., por 10 s., entre as 7 às 19 horas.

As miniestacas enraizadas foram transferidas para a casa de vegetação com 25° C de temperatura média, para as quais foi fornecida irrigação manual, uma vez ao dia por 30 dias. Decorrido esse período, as mudas foram transferidas para a casa de sombra com tela de 50% de permeabilidade dos raios solares e equipada com irrigação automatizada 2 vezes ao dia, durante 15 min.

O experimento foi um fatorial (3 x 4 x 4) no delineamento experimental inteiramente casualizado sendo testado três tipos de propágulo (uma gema, duas gemas e porção apical), quatro adubações de cobertura (concentrações de sulfato de amônio - (NH₄)SO₄ - e cloreto de potássio - KCl) em quatro avaliações (30, 60, 90 e 120 dias). As concentrações do (NH₄)SO₄ e do KCl foram, respectivamente, de: A1 = 200 e 150 g; A2 = 1.000 e 300 g; A3 = 750 e 225 g; A4 = 1.250 e 375 g. Para a fertilização A1, intercalou-se a aplicação de cloreto de potássio, a cada 10 dias e a fertilização dos tratamentos A2, A3 e A4 ocorreu a cada 30 dias.

O diâmetro do colo e a altura foram mensuradas mensalmente até 120 dias com

auxílio de um paquímetro eletrônico graduado em milímetros e uma régua graduada em centímetro, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de covariância através do procedimento GLM do pacote estatístico SAS OnDemand for Academics (SAS, 2014). Quando constatada a existência de diferenças significativas em ao menos um dos fatores analisados e/ou suas interações, estes foram comparados pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conjunto de dados utilizado no presente estudo foi composto por 422 pares de observações de crescimento inicial das mudas de louro-pardo. O resumo estatístico das variáveis analisadas no presente estudo (valores médios, mínimos e máximos, bem como o desvio padrão da variável diâmetro do colo e altura) é apresentado na Tabela 1.

Tempo (dias)	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Diâmetro do colo (mm)				
30	2,32	± 0,59	1,02	4,17
60	2,17	± 0,53	0,85	3,74
90	2,40	± 0,57	1,31	3,95
120	2,40	± 0,61	1,03	3,91
Altura (cm)				
30	1,95	± 1,66	0,20	8,00
60	2,21	± 1,64	0,40	9,00
90	2,53	± 1,78	0,20	9,50
120	3,14	± 1,96	0,50	9,50

Tabela 1 - Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão do diâmetro do colo e da altura de mudas de *Cordia trichotoma* em diferentes períodos de tempo.

Analisando os quatro períodos de avaliação, é possível verificar que o diâmetro do colo foi menor aos 60 dias, quando comparado com o de 30 dias, o que ser um resultado da troca de ambiente neste período. É preciso salientar que inicialmente as mudas permaneceram em casa de vegetação com condições ambientais controladas de temperatura e luminosidade, sendo posteriormente transferidas para casa de sombra, que consiste em um ambiente sem o mesmo controle ambiental. Essa transferência pode resultar na morte de algumas mudas e consequentemente, na redução no número de observações neste intervalo de tempo. Contudo, é possível observar que aos 90 e 120 dias as mudas retomam o crescimento em diâmetro do colo, indicando condição de adaptação

e estabelecimento. Este comportamento não foi observado para a variável altura, que aparentemente não sofreu com a mudança de ambiente resultando em desenvolvimento contínuo.

3.1 Anacova para Crescimento em Diâmetro do Colo

O crescimento em diâmetro do colo das mudas, em um primeiro momento, foi verificado conforme uma análise de covariância, contemplando todos os fatores analisados (propágulo, adubação de cobertura e tempo) e suas interações (Tabela 2).

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.>F
Modelo	29	43,5	1,5	6,1	< 0,0001
Propágulo	2	27,9	13,9	56,3	< 0,0001
Adubação de cobertura	3	2,5	0,8	3,3	0,0202
Tempo	3	3,8	1,3	5,1	0,0018
Propágulo vs. Adubação de cobertura	6	9,6	1,6	6,5	< 0,0001
Adubação de cobertura vs. Tempo	9	2,5	0,3	1,1	0,3518ns
Tempo vs. Propágulo	6	0,7	0,1	0,5	0,8313ns
Erro	392	97,0	0,2		
Total corrigido	421	140,5			

Tabela 2 - Análise de covariância para o crescimento inicial em diâmetro do colo de mudas de *Cordia trichotoma*.

Em que: G.L = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado e Prob. > F = probabilidade de significância. ^{ns} = não significativo.

Analisando a Tabela 2 é possível verificar que o modelo de regressão ajustado foi significativo, com valor de F calculado igual 6,1 e probabilidade de significância menor que 0,0001. Para essa variável, ao menos um dos tratamentos diferiu estatisticamente dos demais, denotado pela probabilidade de significância. Analisando as interações, verifica-se que houve interação entre a adubação e tipo de propágulo, com probabilidade menor que 0,0001. Isto sugere que o crescimento em diâmetro do colo das mudas de louro-pardo é afetado em relação ao tipo de propágulo em conjunto com a adubação de cobertura aplicada. Por outro lado, entre a adubação de cobertura e o tempo das avaliações, bem como para o tempo de avaliação e o tipo de propágulo não foi observada interação significativa. Isto indica que os tipos de propágulo e adubação de cobertura com o decorrer do tempo, tendem a não influenciar no crescimento em diâmetro do colo.

Com o intuito de ajustar um modelo contendo apenas as variáveis e interações significativas para o diâmetro do colo, calculou-se novamente a análise covariância, porém,

com a exclusão das interações adubação de cobertura vs. Tempo, e Tempo vs. Propágulo (Tabela 3). O modelo ajustado apresentou valor de F calculado igual a 11,7 significativo com probabilidade menor que 0,0001. Este modelo de regressão apresentou coeficiente de determinação igual a 0,2874, erro padrão da estimativa de 0,4960 mm e coeficiente de variação igual a 21,38%.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.>F
Modelo	14	40,4	2,9	11,7	< 0,0001
Propágulo	2	27,3	13,6	55,5	< 0,0001
Adubação de cobertura	3	2,2	0,7	3,0	0,0295
Tempo	3	4,2	1,4	5,6	0,0009
Propágulo vs. Adubação de cobertura	6	9,5	1,6	6,5	< 0,0001
Propágulo vs. Adubação de cobertura	407	100,1	0,2		
Total corrigido	421	140,5			

Tabela 3 - Análise de covariância para o diâmetro do colo de mudas de *Cordia trichotoma* com a exclusão das interações não significativas.

Em que: G.L = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado e Prob. > F = probabilidade de significância.

3.2 Anacova para Crescimento em Altura

A altura das mudas foi verificada conforme uma análise de covariância, contemplando todas as fontes de variação analisadas e suas interações (Tabela 4). Foi possível verificar que o modelo de regressão ajustado foi significativo. Assim como para o diâmetro do colo, todas as fontes de variação apresentaram diferença significativa isoladamente. Há diferença entre os tipos de propágulo, entre as diferentes adubações de cobertura, bem como uma diferença no ritmo de crescimento em altura das mudas. Além disso, o tipo de propágulo apresentou interação significativa com a adubação.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.>F
Modelo	29	415,6	14,3	6,0	< 0,0001
Adubação de cobertura	3	88,0	29,3	12,3	< 0,0001
Tempo	3	59,9	20,0	8,4	< 0,0001
Propágulo	2	106,2	53,1	22,3	< 0,0001
Propágulo vs. Adubação de cobertura	6	46,5	7,7	3,3	0,0039
Adubação de cobertura vs. Tempo	9	12,0	1,3	0,6	0,8279 ^{ns}
Tempo vs. Propágulo	6	7,3	1,2	0,5	0,8001 ^{ns}
Erro	392	930,5	2,4		
Total corrigido	421	1346,1			

Tabela 4 - Análise de covariância para o crescimento inicial em altura de mudas de *Cordia trichotoma*.

Em que: G.L = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado e Prob. > F = probabilidade de significância. ^{ns} = não significativo.

Com o intuito de ajustar um modelo contendo apenas as variáveis e interações significativas para a altura das mudas de louro-pardo, calculou-se novamente a análise covariância, porém, com a exclusão das interações adubação de cobertura vs. Tempo, e Tempo vs. Propágulo (Tabela 5). O modelo ajustado apresentou valor de F calculado igual a 12,0 significativo com probabilidade menor que 0,0001. Este modelo de regressão apresentou coeficiente de determinação igual a 0,2917, erro padrão da estimativa de 1,5323 cm e coeficiente de variação igual a 63,98%.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Prob.>F
Modelo	14	392,8	28,1	12,0	< 0,0001
Propágulo	2	101,4	50,7	21,6	< 0,0001
Adubação de cobertura	3	81,3	27,1	11,6	< 0,0001
Tempo	3	66,6	22,2	9,5	< 0,0001
Propágulo vs. Adubação de cobertura	6	45,3	7,6	3,2	0,0042
Propágulo vs. Adubação de cobertura	407	953,3	2,3		
Total corrigido	421	1346,1			

Tabela 5 - Análise de covariância para a altura de mudas de *Cordia trichotoma* com a exclusão das interações não significativas.

Em que: G.L = graus de liberdade; S.Q. = soma de quadrados; Q.M. = quadrado médio; F = valor de F calculado e Prob. > F = probabilidade de significância.

3.3 Teste de Média para o Tipo de Propágulo

O maior crescimento em diâmetro do colo foi encontrado para as mudas originadas de propágulos de duas gemas (2G) e de uma gema (GU), com valor médio igual a 2,51 e 2,40 mm, respectivamente (Tabela 6). Para diâmetro do colo o propágulo apical apresenta menor valor (1,75 mm). Para a altura das mudas não houve diferença entre o propágulo de duas gemas (2G) com 3,15 cm e apical (AP) com 2,62 cm, os quais diferiram da miniestaca constituída de uma gema que apresentou 1,82 cm.

Tipo de propágulo	Diâmetro do colo (mm)	Altura (cm)
2G	2,51 a*	3,15 a
GU	2,40 a	1,82 b
AP	1,75 b	2,62 a

Tabela 6 - Teste de médias para o diâmetro do colo e altura de mudas de *Cordia trichotoma* para os diferentes tipos de propágulos.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob. = 0,05).
Em que: 2G = 2 gemas; GU = uma gema e AP = gema apical.

O enraizamento adventício está relacionado com o gradiente hormonal do ramo, o *status* nutricional, o tamanho e o número de folhas mantidas na miniestaca podem afetar a competência ao enraizamento adventício, devido à produção de auxina endógena necessária para esse complexo processo (FACHINELLO et al., 2005; TAIZ; ZEIGER, 2017). Sendo assim o maior crescimento em diâmetro do colo e altura das mudas constituídas de duas gemas pode ser explicado em razão da maior competência ao enraizamento adventício e formação do sistema radicial. Devido as possíveis diferenças entre os tipos de miniestacas para o diâmetro e altura, a propagação vegetativa pode ser satisfatoriamente realizada a partir de miniestacas de uma ou duas gemas, e de apicais.

3.4 Teste de Média para Adubação de Cobertura

A maior média em diâmetro do colo foi obtida na fertilização A2 (1.000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio aplicados a cada 30 dias), não diferindo estatisticamente das adubações A1 e A4 (Tabela 7). Esta adubação de cobertura foi superior a A3 (1.000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio, a cada 15 dias), resultando em diferenças no crescimento de 10,2%. Para o crescimento em altura das mudas a adubação A3 (750 g de sulfato de amônio e 225 g de cloreto de potássio, a cada 30 dias) e A1 (200 g de sulfato de amônio e 150 g de cloreto de potássio, a cada 30 dias) apresentaram maior valor, mas não diferiram do A2. Assim, o maior crescimento, tanto para o diâmetro do colo, quanto para altura foram observados nas adubações A1 e A2.

Adubação de cobertura ¹	Diâmetro do colo (mm)	Altura (cm)
A1	2,18 ab*	2,86 a*
A2	2,35 a	2,40 ab
A3	2,11 b	3,02 a
A4	2,24 ab	1,85 b

Tabela 7 - Teste de médias para o diâmetro do colo e altura de mudas de *Cordia trichotoma* nas diferentes adubações de cobertura.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob.=0,05).

¹Doses dos nutrientes sulfato de amônio [(NH₄)SO₄] e cloreto de potássio (KCl), respectivamente, de: A1 = 200 e 150 g, a cada 10 dias; A2 = 1.000 e 300 g, a cada 30 dias; A3 = 750 e 225 g, a cada 30 dias e A4 = 1.250 e 375 g de cloreto, a cada 30 dias.

Considerando que no tratamento de adubação A2 (1.000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio) o sulfato de amônio é fonte de nitrogênio (N) e enxofre (S) e o cloreto de potássio é o principal fornecedor de potássio (K) e cloro (Cl). Dentre esses nutrientes, o nitrogênio e o enxofre fazem parte dos compostos de carbono. O potássio é requerido como cofator e muitas enzimas, no estabelecimento do turgor das células, enquanto o cloro é requerido nas reações fotossintéticas (TAIZ; ZIEGLER, 2017).

Todos, exceto o cloro, são classificados como macronutrientes, ou seja, são requeridos em maior quantidade o que pode explicar os melhores resultados observados para os tratamentos com as maiores concentrações desses elementos. Já o cloro é classificado como micronutriente, mas também considerado um elemento essencial para o crescimento vegetal.

Além disso, esse tratamento pode ser aplicado a cada 30 dias sem prejuízo ao crescimento, resultando em uma redução da demanda de trabalho com essa atividade no viveiro, da quantidade de insumos, bem como os custos envolvidos nesta operação, quando comparado ao tratamento com aplicação a cada 10 dias.

Inicialmente as formulações de adubações continham o nível mais alto possível, sem causar toxicidade, contudo, deve-se ter preocupação com o uso racional dos recursos naturais em nossos estudos, pois a sugestão de fertilização a ser aplicada deve contemplar níveis que fornecem crescimento adequado, com mínimo uso de nutrientes, a fim de minimizar impactos ambientais.

3.5 Teste de Média Para o Efeito do Tempo Sobre o Crescimento

Observa-se, assim como era esperado, que a maior média de diâmetro de colo foi encontrada aos 120 dias, igual a 2,22 mm (Tabela 8). Este valor não difere estatisticamente dos mensurados aos 30 e 90 dias, contudo, foi superior a 60 dias. Para a altura a maior média também foi aos 120 dias, igual a 3,15 cm, diferindo dos demais tempos, exceto aos 90 dias.

Tempo (dias)	Diâmetro do colo (mm)	Altura (cm)
30	2,22 ab*	2,03 c*
60	2,06 b	2.30 bc
90	2,30 a	2,65 ab
120	2,31 a	3,15 a

Tabela 8 - Teste de médias para o diâmetro do colo e altura de mudas de *Cordia trichotoma* nos diferentes períodos de tempo avaliados.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob.=0,05).

Para diâmetro do colo as médias para os 30, 60 e 90 dias não diferiram estatisticamente entre si, indicando que a troca de ambiente foi benéfica para o crescimento em diâmetro do colo das mudas, fornecendo as condições necessárias para o seu pleno desenvolvimento. O que pode ser ressaltado pela diferença entre o período de 60 e 120 dias. O período de avaliação das mudas deu-se nos meses de inverno, e de acordo com a Köppen e Geiger a classificação do clima é “Cfa” (ALVARES et al., 2013), apresenta estações bem definidas, e

o mês de julho apresenta menor temperatura média, 13.1 °C, e com menor radiação solar. A temperatura e irradiação solar são fatores importantes para o crescimento das plantas, pois exercem influência em todas as atividades fisiológicas, por controlar as taxas das reações metabólicas nas células.

3.6 Efeito da Interação Entre a Adubação de Cobertura e o Tipo de Propágulo

A interação entre a adubação de cobertura e o tipo de propágulo (Figura 1) demonstra que a adubação composta por 1.000 de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio a cada 30 dias (A2) com a muda formada pela miniestaca de uma gema apresentou melhor resultado para o diâmetro do colo (2,72 mm), mas não diferiu das combinações A3 com uma gema (2,40 mm) e, da muda formada com miniestacas de duas gemas com as adubações de A1 (2,40 mm), A2 (2,61 mm), A3 (2,57 mm) e A4 (2,38 mm).

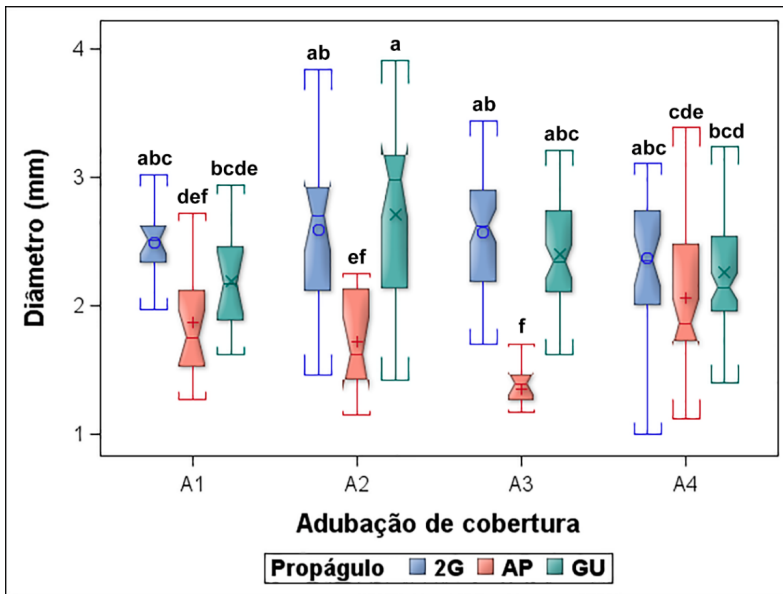


Figura 1 - Boxplot do crescimento em diâmetro para a interação entre o tipo de propágulo (duas gemas, uma gema e apical) e a adubação de cobertura (A1, A2, A3 e A4) para o diâmetro do colo e a altura de mudas de *Cordia trichotoma*.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob. = 0,05). Em que: 2G = 2 gemas; GU = uma gema e AP = gema apical.

A interação entre os fatores para a altura (Figura 2), a maior média foi no tratamento com adubação de 200 g de sulfato de amônio e 150 g de cloreto de potássio, a cada 10 dias (A1) com duas gemas (4,03 cm). Mas esse não diferiu das adubações A2 (3,02 cm) e A3 (3,80 cm) para duas gemas e para A1 (2,43 cm), A2 (2,54 cm) e A3 (3,12) para as mudas formadas com miniestacas apicais.

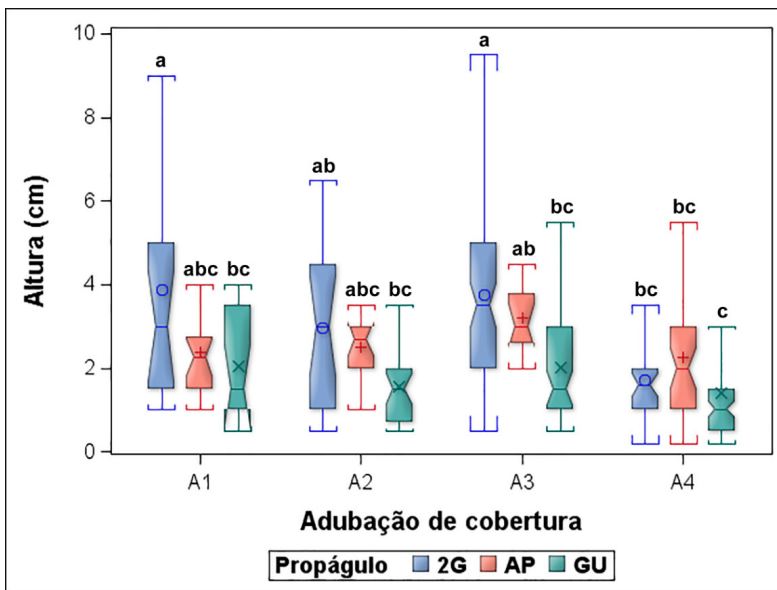


Figura 2 - Boxplot do crescimento em altura para a interação entre o tipo de propágulo (duas gemas, uma gema e apical) e a adubação de cobertura (A1, A2, A3 e A4) para o diâmetro do colo e a altura de mudas de *Cordia trichotoma*.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob. = 0,05). Em que: 2G = 2 gemas; GU = uma gema e AP = gema apical.

Mudas clonais de *C. trichotoma* formadas a partir de miniestacas de uma ou duas gemas ou apicais podem ser produzidas. O uso de 100 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto para a adubação de cobertura a casa 30 dias não há perda do vigor de crescimento (Figuras 1 e 2). O crescimento inicial em diâmetro do colo e altura das mudas de *C. trichotoma* foi influenciado pela quantidade de sulfato de amônio e de cloreto de potássio utilizados (Figuras 1 e 2). As mudas são sensíveis às condições ambientais, porém, principalmente, para o diâmetro do colo, mas demonstram potencial de crescimento após 90 dias de estabelecimento em casa de sombra.

4 | CONCLUSÃO

As mudas de *C. trichotoma* produzidas por miniestaqueira de duas gemas, uma gema e apical, adubadas uma vez ao mês com 1000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio apresentam bom crescimento em diâmetro do colo e altura.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELAS, P. C.; GOLÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711-728,2013.

BARBOSA, Z.; SOARES, I. CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.

BISOGNIN, D. A.; BANDINELLI, M. G.; KIELSE, P.; FISCHER, H. Rooting Potential of Mini-Cuttings for the Production of Potato Plantlets. **American Journal of Plant Sciences**. v. 6, n. 2, p. 366-371, 2015.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas: Colombo, Paraná: Embrapa Florestas, 2003.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2005, 221p.

GONÇALVES, J. L. M. et. al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J.L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF,2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. v. I, 5. ed. Nova Odessa, São Paulo: InstitutSCo Plantarum, 2008.

PIMENTEL, N.; GAZZANA, D.; SPANEVELLO, J. F.; LENCINA, K. H.; BISOGNIN, D. A. Effect of mini-cutting size on adventitious rooting and morphophysiological quality of *Ilex paraguariensis* plantlets. **Journal of Forestry Research**, v. 32, p. 815-822, 2020.

SAS Institute Inc. **SAS® OnDemand for Academics: User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2014. 148 p.

SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 46, p. 21-30, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 954p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: Gonçalves, J.L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF,2005.

CAPÍTULO 3

ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS E SELEÇÃO DE CLONES DE *Cordia trichotoma* NAS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLETA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/03/2021

Dilson Antônio Bisognin

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/7298261913496737>

Angélica Costa Malheiros

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/1357958746601642>

Renata Smith Avinio

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/0216989152895940>

Luciane Grendene Maculan

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/4669325246344677>

Thaíse da Silva Tonetto

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/7581324449240872>

Denise Gazzana

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/1114420818748113>

Gabriele Taís Lohmann

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – Rio Grande do Sul

<http://lattes.cnpq.br/7293008218476706>

Kelen Haygert Lencina

Universidade Federal de Santa Catarina

Curitibanos, Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/4928712279269846>

RESUMO: A época do ano em que são coletadas as miniestacas para a produção de mudas exerce, em alguns casos, grande influência sobre o enraizamento adventício, e pode ser o principal fator de sucesso dessa atividade. Assim, objetivou-se verificar neste estudo o enraizamento adventício de miniestacas e selecionar clones de *Cordia trichotoma* (louro-pardo) coletadas em diferentes épocas do ano. O experimento é um bifatorial (época x clone) conduzido em câmara úmida, onde aos 30 dias de cultivo foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes, e o comprimento das três maiores raízes em miniestacas coletadas nas épocas de verão, primavera e outono. A época de coleta das brotações afetou o enraizamento adventício de miniestacas de louro-pardo, sendo a maior taxa de sobrevivência observada no outono, enquanto os melhores resultados para o enraizamento ocorreram durante as épocas de primavera e verão. Os clones 13SM18, 13SM10 e 13SM16 foram menos afetados pelas diferentes épocas de coleta das miniestacas, porém com menor competência ao enraizamento adventício. Os clones 13SM17, 13SM15, 13SM01, 13SM32, 13SM09 e 13SM26 foram selecionados por apresentar maior competência ao enraizamento adventício na primavera, época que apresentou o maior índice de enraizamento de miniestacas

de louro-pardo. A época de coleta das miniestacas de louro-pardo afeta o processo de enraizamento adventício. Os clones avaliados apresentam diferença significativa entre si para o enraizamento adventício nas diferentes épocas avaliadas, o que demonstra a variação existente entre os genótipos, possibilitando assim ganhos de seleção.

PALAVRAS - CHAVE: *Cordia trichotoma*; melhoramento genético; propagação vegetativa.

ROOTING OF MINI-CUTTINGS AND SELECTION OF *CORDIA TRICHOTOMA* CLONES IN DIFFERENT COLLECTION TIMES

ABSTRACT: The collection time of mini-cuttings for plantlet production may affect the adventitious rooting competence, and it can be the main factor of plantlet production success. This work aiming to study the adventitious rooting of *Cordia trichotoma* mini-cuttings to maximize the genetic gain from selection for vegetative propagation in different collection times. The experiment was carried out in a humid chamber with mini-cuttings collected during the summer, spring and autumn seasons. The percentages of survival and rooting, number of roots, and length of three largest roots were evaluated at 30 days of cultivation. The collection time affected the adventitious rooting of *C. trichotoma* mini-cuttings. Autumn collections favored survival and spring and summer collections improved mini-cuttings rooting. The clones 13SM18, 13SM10 and 13SM16 were less affect by collection times, but they presented the lowest percentage of mini-cutting rooting. The clones 13SM17, 13SM15, 13SM01, 13SM32, 13SM09 and 13SM26 were selected for rooting competence during spring collections, time that presented the highest rooting index of mini-cuttings of *C. trichotoma*. The collection time of the brown laurel minicuttings affects the adventitious rooting process. The clones evaluated showed a significant difference between themselves for the adventitious rooting in the different evaluated periods, which demonstrates the variation existing between the genotypes, thus enabling selection gains.

KEYWORDS: *Cordia trichotoma*; genetic improvement; vegetative propagation.

1 | INTRODUÇÃO

Com posição de destaque no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, o setor de base florestal diferencia-se por sua alta produtividade, tecnologia incorporada, e responsabilidade social. Em 2019 o setor cresceu 13,1%, contribuindo com 1,2% do Produto interno Bruto (PIB) nacional. As áreas destinadas às plantações florestais no Brasil totalizam 9 milhões de hectares. Dessa área, o eucalipto é o gênero mais plantado, representando cerca de 6,97 milhões hectares, enquanto, outras espécies tais como a seringueira e o paricá compõem apenas 0,39 milhões hectares (IBÁ, 2020).

A falta de informação sobre o plantio de espécies nativas para fins comerciais constitui um empecilho para a diversificação de matéria-prima no setor florestal, e indiretamente incentiva o cultivo de espécies exóticas que possuem cadeia produtiva definida, de alta confiabilidade econômica. No entanto, avanços tecnológicos aplicados ao melhoramento genético de espécies florestais nativas buscam suprir essa lacuna, proporcionando ganhos

genéticos significativos para diferentes características, tais como o enraizamento, qualidade de muda, crescimento dos indivíduos em campo, e densidade básica da madeira (PLATH et al., 2011).

Através do melhoramento genético, é possível realizar a transformação do potencial genético das espécies nativas em recurso genético e, conseqüentemente, em produto com valor econômico no mercado. O estabelecimento adequado de um plantio florestal está diretamente relacionado à qualidade do material genético, tendo a produtividade maximizada quando bem adaptado às condições ecológicas e climáticas locais. Nesse sentido, o louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell.) é uma das espécies nativas mais promissoras para plantio no Sul, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, pois além de ocorrer naturalmente nessas regiões, apresenta rápido crescimento, tronco retilíneo, madeira de excelente qualidade e regeneração natural vigorosa (CARVALHO, 2003; ODA, et al., 2006).

Para o estabelecimento de plantios florestais, a propagação vegetativa é um método especialmente atrativo, pois proporciona a operacionalização do processo de produção de mudas, e o estabelecimento de plantios florestais mais homogêneos. Contudo, a propagação vegetativa é afetada por diversos fatores que podem atuar isoladamente ou em conjunto na produção de mudas, tais como a espécie, o genótipo, as condições fisiológicas da planta matriz, a época e a posição de coleta, o grau de maturação das miniestacas, a presença de gemas e folhas, além de fatores ambientais, tais como temperatura e umidade relativa no ambiente de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

A propagação vegetativa consiste no uso de partes de tecidos e células para a produção de indivíduos completos e idênticos à planta que lhe deu origem. A competência de regeneração das células ocorre através da totipotência celular, que se refere a capacidade na qual uma única célula carrega em seu núcleo o potencial de produzir todas as células diferenciadas do organismo de origem (HARTMANN et al., 2011). Dentre as técnicas de propagação vegetativa, a miniestaquia apresenta alta aplicabilidade e supera as dificuldades inerentes a produção de mudas seminais, por meio do aproveitamento do potencial juvenil dos propágulos para a indução do enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2004).

Alguns problemas que surgem em florestas clonais ocorrem pelo fato de o potencial de enraizamento das miniestacas não ser prognosticado antes da coleta dos brotos, devido a esse caractere ser altamente influenciado pelas mudanças sazonais e pelo manejo das matrizes, resultando em menor produtividade de miniestacas enraizadas por minicepa. A importância de se conhecer os fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações está relacionada ao sucesso ou fracasso da produção de mudas (PENCHEL; LYRA, 1996).

Em plantios clonais já estabelecidos, é recorrente o tombamento de indivíduos adultos após eventos climáticos severos. Isso ocorre, dentre outros fatores, pela má formação do sistema radicial das mudas em viveiro. Dessa forma, é de suma importância estudar as melhores condições de propagação de cada espécie, através do estabelecimento

de protocolos de propagação vegetativa. Além da obtenção de mudas de qualidade, os protocolos auxiliam no melhoramento genético para a miniestaquia, pois atenuam a influência ambiental e maximizam a expressão genotípica sob o fenótipo dos indivíduos (PENCHEL; LYRA, 1996).

Nesse sentido, o desenvolvimento de um protocolo de propagação vegetativa para louro-pardo depende do entendimento e interação de fatores como as condições ambientais durante o processo de enraizamento. Como a estação do ano pode ser um fator decisivo para o sucesso da propagação vegetativa, o objetivo deste trabalho foi estudar o enraizamento adventício de miniestacas, bem como comportamento de diferentes genótipos de louro-pardo nas estações do ano, a fim de contribuir com o desenvolvimento de uma estratégia de seleção que maximize o ganho genético de seleção.

2 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Núcleo de Melhoramento e Propagação Vegetativa de Plantas, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Santa Maria. O minijardim clonal foi estabelecido em bandejas de polietileno (55 x 34 x 15 cm), onde foram cultivadas 12 minicepas em cada bandeja, no espaçamento 10 x 10 cm. O minijardim clonal foi conduzido no sistema fechado de cultivo sem solo, com areia grossa como substrato, adaptado de Bisognin et al. (2015).

As minicepas de louro-pardo foram fertirrigadas com solução nutritiva de macro e micronutrientes duas vezes ao dia durante 15 minutos, com o auxílio de uma bomba submersa controlada por temporizador (KIELSE et. al., 2015). O pH da solução foi mantido entre 5,5 e 5,8 e a condutividade elétrica em 1 dS m^{-1} , ambos ajustados semanalmente.

A coleta das miniestacas dos diferentes genótipos utilizadas para o estudo do efeito das estações do ano no enraizamento adventício de louro-pardo foi realizada nas estações verão, outono e primavera. Foram avaliados 11 clones (13SM17, 13SM18, 13SM07, 13SM15, 13SM10, 13SM06, 13SM01, 13SM32, 13SM16, 13SM09 e 13SM26). Apesar do louro-pardo ocorrer naturalmente em várias regiões climáticas do Brasil, a espécie cresce melhor em áreas sem geadas rigorosas, tornando sua recomendação restrita a locais com temperatura média anual maior que 18° C (CARVALHO, 1988). Em vista disso, a espécie diminui o crescimento no inverno não disponibilizando brotações para a coleta de miniestacas durante esse período do ano.

As brotações coletadas de cada minicepa foram seccionadas em miniestacas de duas gemas contendo duas folhas com área original reduzida à 50%. As miniestacas tiveram sua porção basal imersa durante 10 segundos em solução hidroalcoólica de ácido-3-indolbutírico (AIB) de concentração 3.000 mg L^{-1} . Em seguida, as miniestacas foram cultivadas em tubetes de polipropileno de volume de 110 cm^3 com estrias longitudinais, contendo substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita na proporção de 2:1 (v/v).

O enraizamento das miniestacas foi realizado em câmara úmida com 85% de umidade relativa do ar, 27° C de temperatura média e nebulização automatizada realizada 12 vezes ao dia por 1 min. Foram avaliados a porcentagem de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes e o comprimento das três maiores raízes aos 30 dias de cultivo. Foram consideradas enraizadas as miniestacas que apresentavam pelo menos uma raiz adventícia com comprimento igual ou superior a 0,1 cm.

O experimento é um bifatorial (épocas x clones) conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 2 repetições contendo de 140 a 500 miniestacas cada, de acordo com a produtividade das minicepas. Para atender os pressupostos de normalidade, os dados de porcentagem foram transformados para arcosseno de $(x/100)^{1/2}$ e de contagem e comprimento para $(x+0,5)^{1/2}$. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas com o auxílio do software R Core Team (2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As porcentagens de sobrevivência e enraizamento, o número de raízes e o comprimento das três maiores raízes apresentaram normalidade nos dados, além de significância para as épocas do ano estudadas. Tal comportamento demonstra que ao menos uma época do ano difere estatisticamente para todas as variáveis analisadas. Além disso, foi verificada interação entre os fatores épocas do ano e clones de louro-pardo para os caracteres porcentagem de enraizamento e número de raízes.

A época de coleta afetou todos os caracteres avaliados nas miniestacas (Tabela 1), sendo que o melhor resultado para a porcentagem de sobrevivência foi encontrado nas coletas de outono e primavera, diferindo significativamente daquelas de verão. Estes resultados podem estar associados as temperaturas mais amenas e menores taxas de irradiância no período de enraizamento, o que possibilitou reduzidas taxas de transpiração e, consequentemente, maiores taxas de sobrevivência das miniestacas (MARENCO et al., 2001). Pimentel et al. (2019) também encontraram maiores taxas de sobrevivência em miniestacas de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil coletadas no outono e inverno.

Estações do ano	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)	NR	C3MR
Primavera	87,46 a*	46,76 a	1,68 b	5,87 a
Verão	80,40 b	29,19 b	2,35 a	2,91 b
Outono	88,36 a	19,71 c	1,54 b	3,16 b
Média	83,42	31,88	1,85	3,98

Tabela 1 – Porcentagem de sobrevivência, de enraizamento, número de raízes (NR) e comprimento das três maiores raízes (C3MR) em miniestacas de *Cordia trichotoma*, após 30 dias de enraizamento em câmara úmida.

*Médias seguidas por diferentes letra diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (prob.=0,05).

Já para a porcentagem de enraizamento, o melhor resultado foi encontrado com coletas na primavera, período em que a planta retoma o crescimento vegetativo, seguido do verão e do outono. Burin et. al. (2018) encontraram o mesmo comportamento para miniestacas de *Cabralea canjerana* (Vellozo) Martius, com porcentagem de enraizamento de 43,5%. Tal comportamento pode ser explicado pela capacidade de armazenamento de carboidratos durante a época de repouso vegetativo (inverno e outono), que se disponibiliza durante a primavera e o verão, época em que a planta inicia a indução do enraizamento adventício (BORTOLINI et al., 2008).

O desenvolvimento das plantas está regulado por sinais ambientais, como, luz, temperatura e comprimento do dia (TAIZ; ZEIGER, 2013), que se alteram ao longo do ano, especialmente, em regiões com estações do ano bem definidas. Esses fatores ambientais alteram a fotossíntese, absorção de água e nutrientes, produção de fitormônios, entre outros, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Para o número de raízes, o melhor resultado foi observado para as coletas do verão, o que denota que esta estação favorece o processo rizogênico de miniestacas de louro-pardo. Além disso, a utilização de AIB, considerada a principal auxina sintética para o enraizamento de miniestacas, pode ter favorecido o processo de indução e formação radicial, promovendo o aumento da porcentagem, número e qualidade das raízes, bem como da uniformidade do enraizamento (FACHINELLO et al., 1995).

Apesar das coletas da primavera terem apresentado baixo número de raízes em comparação ao verão, o comprimento de raízes foi significativamente superior ao observado quando as miniestacas foram coletadas no outono e verão (Tabela 1). Este resultado pode ser explicado pelo tempo da coleta das miniestacas ocorrer no início do período de crescimento vegetativo, momento em que se inicia a síntese de auxinas. As auxinas são fitormônios vegetais que estimulam o crescimento em alongação, divisão celular, formação de raízes adventícias entre outros efeitos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A partir desses resultados observa-se que as miniestacas de louro-pardo coletadas no verão desenvolveram maior número e menor comprimento de raízes, o que pode ser explicado pela proximidade desta estação com a época de repouso vegetativo. Por outro

lado, quando a coleta é efetuada na primavera, momento em que se inicia o crescimento vegetativo, a indução do número de raízes é menor, mas o tempo de crescimento vegetativo perdura por mais tempo, possibilitando assim o alongamento das raízes.

À medida que aumenta a disponibilidade de radiação solar no verão, e consequentemente, a temperatura do ambiente, elevam-se também as reações químicas de oxirredução no metabolismo da planta e o processo de divisão celular. Como a emissão de raízes ocorreu no período inicial do crescimento vegetativo, o processo de alongação correspondeu ao verão, período de maior crescimento vegetativo, o que favoreceu o alongamento das raízes (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sá et al. (2018) também verificaram o efeito positivo no comprimento de raízes em miniestacas de *Ilex paraguariensis* coletadas no início do período reprodutivo (primavera).

Com relação ao desempenho do enraizamento dos genótipos nas diferentes épocas de coleta, foram observadas diferenças significativas para a interação desses fatores (Tabela 2). Os valores de enraizamento apresentaram variação de 47,6% na época de verão, de 39,8% na época de outono e de 74,6% na primavera. Esse é um resultado relevante, que demonstra a variação existente entre os genótipos para essa variável, possibilitando assim ganhos de seleção. De acordo com Burin et. al (2018) o número de miniestacas enraizadas seguido de porcentagem de enraizamento promove maior ganho de seleção e são características importantes para definir o potencial de um clone.

Clones	Verão	Outono	Primavera
13SM17	28,00 bBCD*	41,01 bA	82,92 aA
13SM18	22,95 aCD	26,78 aAB	33,33 aBCD
13SM07	32,35 aABC	18,70 abBC	14,60 bCD
13SM15	32,67 bABC	19,37 cBC	55,38 aABC
13SM10	16,67 aCD	17,42 aBCD	40,00 aBCD
13SM06	14,28 bCD	1,17 bD	33,33 aBCD
13SM01	52,87 aA	17,46 bBCD	48,76 aABCD
13SM32	5,26 bD	15,53 bBCD	60,00 aAB
13SM16	26,52 aCD	7,93 aCD	8,33 aD
13SM09	51,42 aAB	21,66 bBC	64,28 aAB
13SM26	38,09 bABC	29,76 bAB	73,43 aAB

Tabela 2 – Porcentagem de enraizamento em clones de *Cordia trichotoma* em três épocas de coleta, aos 30 dias de cultivo em câmara úmida.

*Médias nas linhas seguidas por letras minúsculas e médias seguidas por letra maiúscula na coluna diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A seleção para maior porcentagem de enraizamento indicou que o clone 13SM01, não diferindo estatisticamente dos clones 13SM07, 13SM15, 13SM09 e 13SM26 apresentou o melhor resultado para as coletas do verão. Para o outono, o clone 13SM17 apresentou maior porcentagem de enraizamento, mas não diferiu de 13SM18 e 13SM26. Nas coletas de primavera, o clone 13SM17 apresentou a maior porcentagem de enraizamento, não diferindo dos clones 13SM15, 13SM01, 13SM32, 13SM e 13SM26 (Tabela 2). Os clones 13SM18, 13SM10 e 13SM16 não apresentaram diferença significativa para o enraizamento nas diferentes épocas de coleta de miniestacas. Apesar disso, esses clones apresentaram menores porcentagens de enraizamento comparado com os demais.

Para Burin et al. (2018) a época de coleta de brotações afetou significativamente o enraizamento de miniestacas de *Cabralea canjerana* e o período de início de crescimento vegetativo resultou em maior porcentagem de enraizamento. Já para Pimentel et al. (2016) as maiores respostas ao enraizamento adventício de miniestacas de *Ilex paraguariensis* aos 60 dias de cultivo, foi obtido no outono e no inverno. Segundo Hartmann et al. (2011) algumas espécies apresentam indução de raízes quando coletadas em períodos específicos. Porém, para algumas, a indução de raízes adventícias ocorre em diferentes épocas do ano, mas são maximizadas em algum período específico. Além disso, Burin et al. (2018) ressalta que a seleção de clones superiores não deve ser afetada por mudanças de temperatura e fotoperíodo de crescimento vegetativo.

Algumas espécies florestais, como o louro-pardo, passam por um período de repouso vegetativo, que consiste na redução da atividade morfofisiológica da planta durante as épocas mais frias (outono e inverno). Neste período, há a redução da área foliar e armazenamento de carboidratos que, reduzem a atividade metabólica até a chegada do inverno (FERRIANI et al., 2011). Isso pode acarretar a redução do enraizamento de miniestacas. Os melhores resultados para o enraizamento do louro-pardo em diferentes clones foram obtidos na primavera, seguido do verão. Isso denota que estas duas estações favorecem o processo rizogênico de miniestacas de louro-pardo. Hartmann et al. (2011) salientam que estacas coletadas na primavera e no verão tendem a ter maior facilidade de indução do enraizamento adventício em função de maior crescimento vegetativo nessa época.

Quanto ao número de raízes, houve diferença significativa para as três estações do ano. O maior número de raízes foi observado no verão e na primavera. Em contrapartida, os menores resultados foram obtidos no outono, devido à proximidade de repouso vegetativo. Para o verão e outono não houve diferença significativa para o número de raízes dos clones estudados. Em contrapartida no outono o clone 13SM18 apresentou menor número de raízes diferindo dos demais clones (Tabela 3).

Clones	Verão	Outono	Primavera
13SM17	3,28 bA*	2,44 bA	4,44 aA
13SM18	1.85 aA	1,88 aA	1,2 aB
13SM07	2,77 aA	1,90 aA	2,15 aAB
13SM15	2,51 abA	2,10 bA	3,09 aAB
13SM10	1,42 aA	1,92 aA	1,75 aAB
13SM06	2,3 aA	4,00 aA	1,85 aAB
13SM01	3,23 aA	2,09 bA	3,05 aAB
13SM32	2.50 aA	1,50 aA	2,00 aAB
13SM16	1,38 aA	3,00 aA	2,00 aAB
13SM09	2,06 aA	2,15 aA	1,78 aAB
13SM26	2,60 aA	2.54 aA	2,55 aAB

Tabela 3 - Número de raízes em clones de *Cordia trichotoma* em três épocas de coleta, aos 30 dias de cultivo em câmara úmida.

*Médias nas linhas seguidas por letras minúsculas e médias seguidas por letra maiúscula na coluna diferentes diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para Pimentel (2016) o menor número de raízes foi obtido na primavera, sem diferir estatisticamente do verão. O outono e o inverno foram as épocas que apresentaram maior formação de raízes nos propágulos vegetativos. Em contrapartida, para Somavilla (2018) o maior número de raízes aos 30 e 60 dias de cultivo, foi obtido no verão para o louro-pardo. Este comportamento está de acordo com os resultados obtidos para esta espécie neste estudo, que indica a primavera e o verão como estações favoráveis para a formação de promórdios radiculares, devido a maior atividade fisiológica e crescimento vegetativo nesta época quando comparado a outras épocas do ano (HARTMANN et al., 2011).

De maneira geral, os resultados deste estudo mostram que as miniestacas de louro-pardo apresentaram maior sobrevivência quando as miniestacas foram coletadas no outono, enquanto, o enraizamento adventício ocorreu de forma mais eficiente durante a primavera e o verão. Assim, para realizar o enraizamento adequado de miniestacas de louro-pardo, visando ganhos com a seleção dos melhores genótipos, e diminuir o efeito do ambiente, a coleta de material propagativo deve ser realizada durante a primavera e o verão.

4 | CONCLUSÃO

A época de coleta das brotações das minicepas influencia o processo de enraizamento adventício das miniestacas de louro-pardo, sendo a maior taxa de sobrevivência observada no outono, enquanto os melhores resultados para o enraizamento ocorreram durante as épocas de primavera e verão. Os clones avaliados apresentam diferença significativa entre

si para o enraizamento adventício nas diferentes épocas avaliadas, o que demonstra a variação existente entre os genótipos, possibilitando assim ganhos de seleção.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A.C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, p. 422, 2004.

BISOGNIN, D. A.; BANDINELLI, M. G.; KIELSE, P.; FISCHER, H. Rooting Potential of Mini-Cuttings for the Production of Potato Plantlets. **American Journal of Plant Sciences**. v. 6, n. 2, p. 366-371, 2015.

BORTOLINI, M. F.; RIBAS, K. C. Z.; KOEHLER, H. S.; CARPANEZZI, A. A.; DESCHAMPS, C.; OLIVEIRA, M. D. C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: Enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**, v.18, n.2, p.159-171, 2008.

BURIN, C.; BISOGNIN, D.A.; LENCINA, K.H.; et al. Enraizamento de miniestacas em diferentes épocas de coleta para a seleção de clones de canjerana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018.

CARVALHO, P. E. R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p. 63 - 66, dez 1988.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 1039, 2003.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2 ed. Pelotas:UFPEL, 1995. 178p.

FERRIANI, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 67, p. 257-264, 2011

HARTMANN, H. T. et al. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 7 ed. New York: Englewood Clippis, 2011, 1024p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Anuário estatístico 2020**, ano base 2019. Disponível em: <www.iba.br>. Acesso em: 10 out 2020.

KIELSE, P. et al. Produção e enraizamento de miniestacas de louro-pardo – *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex. Steud coletadas de minicepas de origem assexuada e seminal. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1164 – 1166, 2015.

MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F. C.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazonia. **Tree Physiology**, Canadá, v. 21, p. 1311-1318, 2001.

ODA, S.; MELLO, E. J.; SILVA, J. F.; SOUZA, I. C. G. Melhoramento Florestal. In: FOELKEL, C. (Coord.). **Biotecnologia Florestal**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, cap. 6, p. 124-138, 2006.

PENCHEL, R. M.; LYRA, I. N. Relationship between cell wall carbohydrates and adventitious root formation in the clonal propagation of the stem cuttings of *Eucalyptus*. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGY OF ROOT ORMATION AND DEVELOPMENT, 2, Jerusalém, 1996. **Resumos**. Jerusalém, p. 11 – 12, 1996.

PIMENTEL, Nathalia; LENCINA, Kelen Haygert; KIELSE, Paula; et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de clones de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.). **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 559, 2019.

PIMENTEL, N. **Miniestaquia e qualidade de mudas de erva-mate**. 2016. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

PLATH, M.; MODY, K.; POTVIN, C.; DORN, S. Establishment of native tropical timber trees in monoculture and mixed-species plantations: Small-scale effects on tree performance and insect herbivore. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 3, p. 741-750, 2011.

R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SÁ, F. P.E.; PORTES, D. C.; WENDLING, I.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Miniestaquia de erva-mate em quatro épocas do ano. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 4, p. 1431-1442, 2018.

SOMAVILLA, T. M. **Enraizamento de Miniestacas e Seleção de *Cordia trichotoma* (vellozo) Arrabida ex Steudel para a Propagação por Miniestaquia**. 2018. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

TAIZ, L.; SEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre, Artmed,. 954p. 2013.

CAPÍTULO 4

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

Data de aceite: 01/07/2021

Marcos Airon de Sousa Freitas

Prof. Univ., Especialista em Recursos Hídricos
da Agência Nacional de Águas - ANA
Brasília – DF

ABSTRACT: Drought impacts in Northeast Brazil, which tend to intensify due to climate change and overexploitation of the caatinga biome, have repeatedly brought famine, mass migration and social conflicts in this region. Drought prediction and monitoring, however, remain a central research theme. In water resources management in semiarid regions such as the Northeast of Brazil, it is fundamental to have tools to aid decision making. This work presents three components of the so-called SIGES (Drought Management System), the items related to drought prediction and monitoring, as well as many reservoir operation methodologies for water scarcity situations. Statistical models and artificial neural networks were used for drought prediction. Aiming at monitoring precipitation, several indices were adapted and incorporated into a drought basic characteristic monitoring system (duration, severity and intensity), so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values reached by these parameters. The following indices have been used for this purpose: Rainfall Anomaly Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Finally, new adaptive reservoir

operation strategies for water scarcity situations are presented and discussed. The described components were applied to several States of Northeast of Brazil, specially, at Piancó-Piranhas-Açu River Basin (Paraíba and Rio Grande do Norte States) and Guaribas River Basin (Piauí State).

KEYWORDS: water resources, drought index, drought, decision making, Northeast Brazil

FERRAMENTAS PARA A TOMADA DE DECISÕES ESTRATÉGICAS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SITUAÇÕES DE SECA E VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO BIOMA CAATINGA, NORDESTE DO BRASIL

RESUMO: Os impactos da seca no Nordeste do Brasil, que tendem a se intensificar devido às mudanças climáticas e à superexploração do bioma caatinga, têm trazido fome, migração em massa e conflitos sociais na região. A previsão e o monitoramento da seca, no entanto, continuam sendo um tema central de pesquisa. Na gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas como o Nordeste do Brasil, é fundamental dispor-se de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões. Este trabalho apresenta três componentes do denominado SIGES (Sistema de Gerenciamento de Secas), os itens relacionados à previsão e ao monitoramento de secas, bem como diversas metodologias de operação de reservatórios em situações de escassez de água. Modelos estatísticos e redes neurais artificiais foram usados para a previsão de secas. Com o objetivo de monitorar a precipitação, diversos índices foram adaptados e incorporados a um sistema de

monitoramento das características básicas da seca (duração, severidade e intensidade), para que diferentes ações mitigadoras pudessem ser implementadas de acordo com os valores alcançados por esses parâmetros. Os seguintes índices foram usados para este propósito: Rainfall Anomaly Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Por fim, novas estratégias adaptativas de operação de reservatórios para situações de escassez de água são apresentadas e discutidas. Os componentes descritos foram aplicados em diversos Estados do Nordeste do Brasil, em especial, na Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte) e na Bacia do Rio Guaribas (Estado do Piauí).

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, índices de secas, secas, tomada de decisão, Nordeste do Brasil.

1 | INTRODUCTION

Drought impacts in Northeast Brazil, which tend to intensify due to climate change and overexploitation of the caatinga biome, have repeatedly brought famine, mass migration and social conflicts. Drought prediction and monitoring, however, remain a central research theme for this region. Marengo (2006), Brito et al. (2017) conducted studies on the impacts of global climate change for many areas of Brazil, as Brazilian Amazon, Northeast, Pantanal and the Prata River Basin, showing precipitation and temperature anomalies, and water balance for the XXI century. The semiarid northeastern presenting short but crucially important rainy season in the current climate could, in a warmer climate in the future, become arid.

To the northeast, Salati et al. (2007) assessing climate variability in the region, showed that the average temperature increased by 0.6°C within the period 1991 to 2004, when referred to the period from 1961 to 1990. For maximum temperature values they indicated a 0.6°C increase and for minimum temperature values a 0.5°C raise. The precipitation decreased 153 mm, a 11.6% drop. Nobre et al. (2004) indicate that the future biomes distribution in South America may be affected by the combined impacts of climate and land use changes, which can take the system to the savannization of parts of the Amazon and the desertification of Northeast Brazil.

Several studies have indicated the influence of numerous atmospheric phenomena on rainfall in Northeast Brazil (Moura and Shukla, 1981; Hastenrath, 1984; Freitas, 1996; Freitas and Billib, 1997; Uvo et al., 1998; Moscati and Gan, 2007). Also several climatological studies have indicated the existence of a strong relationship between sea surface temperature distribution (SST - sea surface temperature) along the tropical Atlantic basin temperature and the semiarid northeastern Brazil precipitation, as well as a decadal trend associated with changes in the meridional position of the ITCZ - Intertropical Convergence Zone (Moura and Schukla, 1981; Billib and Freitas, 1996). These phenomena are indicative to be related to climate variability and extreme droughts and floods in the region.

Freitas (1996) presented a methodology for integrated regional drought analysis,

which briefly consists of the following topics: (1) definition of different types of droughts, (2) forecasting and monitoring: (3) water resources management and optimization, (4) effects evaluation and (5) planning of mitigating actions. Freitas (1996), and Freitas & Billib (1997) demonstrated the feasibility of using prediction models for the dry northeastern Brazil: statistical-probabilistic models and models based on neural networks.

2 | THE SIGES (DROUGHT MANAGEMENT SYSTEM)

In water resources management in semiarid regions such as the Northeast of Brazil, it is fundamental to have tools to aid decision making. This work presents three components of the so-called SIGES (Drought Management System), the items related to drought prediction and monitoring, as well as many reservoir operation methodologies for water scarcity situations. Statistical models and artificial neural networks were used for drought prediction.

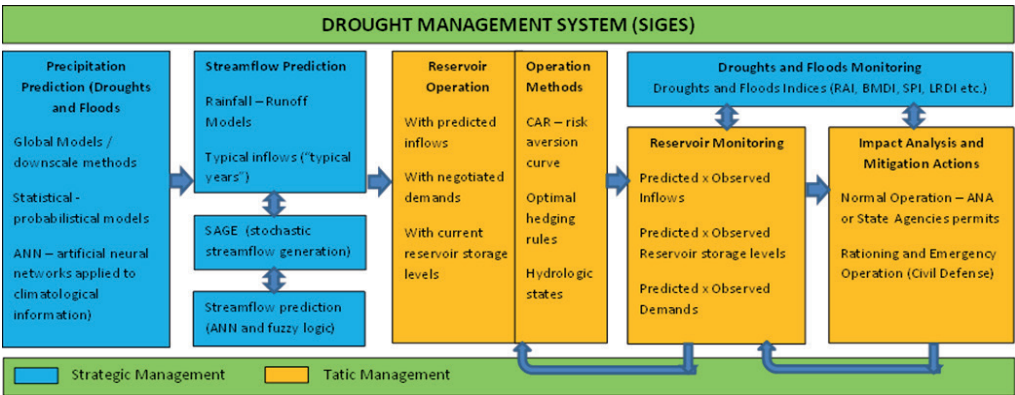


Figure 1: Drought Management System - SIGES (Freitas, M. A. S. et al., 2019).

Among the various SIGES applications, will be reported those related to shortage impact mitigation based on forecasting and monitoring information for these periods. In semiarid regions with high evaporation rates the water resources manager often faces the problem of determining minimum water losses conditions for surface reservoir operation, considering different uses, their priorities shortages or rationing situations.

2.1 Strategic Management

Aiming at monitoring precipitation, several indices were adapted and incorporated into a drought basic characteristic monitoring system (duration, severity and intensity), so that different mitigating actions could be implemented in accordance with the values reached by these parameters. The following indices have been used for this purpose: Rainfall Anomaly

Index (RAI); Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI); Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). Finally, new adaptive reservoir operation strategies for water scarcity situations are presented and discussed. The described components were applied to all federal States of Northeast of Brazil.

Due to the difficulty of having a single drought phenomenon definition, drought index determination is also problematic. Drought severity is usually expressed as a function of the mean value of one or several climate parameters. The most usual drought indexes express the total precipitation in given region as a known average data percentage. Thus, one can compare the current value with the average value of weekly, monthly, semesterly or annually series. The first index, however, that was incorporated into the Drought Management System - SIGES has made it possible to compare rainfall deviations related to the normal conditions of various regions is the Rainfall Anomaly Index (RAI), described by Rooy (1965) and pioneered in Brazil by Freitas (2005).

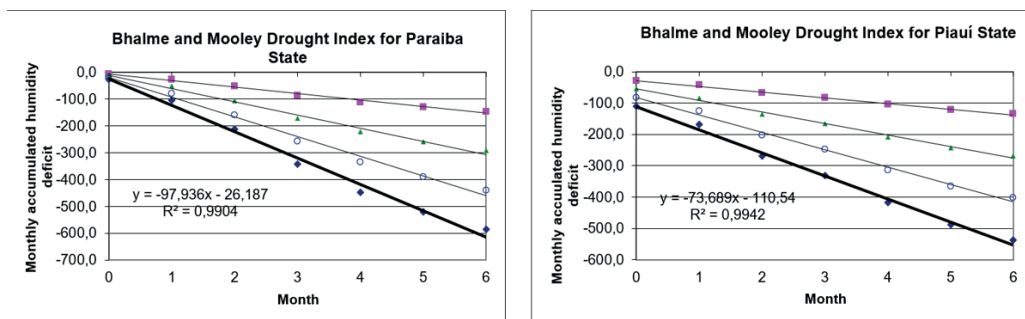


Figure 2: Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI)

2.2 Tatic Management: Reservoir Operation Optimization using Climate Information, Negotiated Water Allocation and Resilience Strategies

Among the various SIGES applications, we will report now those related to shortage impact mitigation based on forecasting and monitoring information for these periods. In semiarid regions with high evaporation rates the water resources manager often faces the problem of determining minimum water losses conditions for surface reservoir operation, considering different uses, their priorities shortages or rationing situations. One developed method for dealing with this problem is performed using the so-called Risk Aversion Curve (Freitas and Gondim Filho, 2007).

In many hydrographic basins, due to the lack of fluvimetric data, it is often necessary to obtain a series of affluent flows into the reservoir using rainfall-runoff or synthetic streamflow generation models. For the generation of synthetic flows in intermittent rivers typical of semiarid regions, Freitas (1995, 2010) presented the SAGE system - Stochastische AbflussGEnerierungsmoedelle, consisting of the several models, such as: i) Two-tier model

(PAR (1) / GAR (1) of Fernandez & Salas (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019a); ii) Disaggregation model / AR (1) by Valencia & Schaake (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019b), etc. Later, Freitas (2010) presented applications of the model ARRF - Alternating Renewal Reward – Fragment (Freitas, M. A. S.; Freitas, G. B., 2019c) to various basins in northeastern Brazil.

Water deficits as result of non-sustainable water resources development, are the main reason for water related conflicts in water scarcity affected regions, especially due to strong competition between the different water users. According to Rusteberg and Freitas (2018), new approaches, methods and tools have been developed to support the integrated planning and management of water resources towards the sustainable development of the region. Non-conventional water resources, such as treated wastewater, brackish or imported water needs to be part of an integrated strategy for IWRM implementation.

According to Lopes & Freitas (2007), water allocation in Brazil, historically, is characterized by a strong intervention of the public sector. Water allocation can be understood as an Integrated Water Resources Management (IWRM) measure that aims to provide water to current and future users of the water resources system, matching water supply and demand, even meeting environmental demands, being in line with strategic management objectives. In this sense, there are several mechanisms of water allocation, which operate from public authority guidelines, negotiation processes among water users or from technical concepts, such as the limits of the use of water bodies, or economic, such as charging for water use (Rusteberg and Freitas, 2018).

3 | PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU RIVER BASIN

For the so-called Negotiated Water Allocation a methodology is described in Freitas, M.A.S. (2003); ANA/GEF/PNUMA/OEA (2004); and improved by Freitas, M.A.S (2010), Martins et al., (2013). This methodology was largely internalized in the administrative procedures of the National Water Agency, through Technical Note No. 10/2015/COMAR/SRE (2015) and has been applied throughout the semi-arid region of North-East Brazil.

Figures 3 shows the Risk Aversion Curves - CAR proposed for the Curema-Mãe D'água system reservoirs (Freitas and Gondim Filho, 2007). The operation of reservoirs based on the Risk Aversion Curves is guided by a probability distribution of flows flowing into the reservoir system and is useful for determining the water allocation among users with different guarantees. The figures show the useful reservoir volume (%) on June 1st (recommended period for the Negotiated Water Allocation), for the different years (including, in red, the years of the 2012-2020 drought period), where it is possible to obtain the flow to be released. ANA, within its sphere of competence, has placed itself in articulation with other bodies of the Federal Government, state governments and water resources management institutions, supply companies, city halls and basin committees in search of solutions that

can minimize the effects of this severe drought.

**recommended month for
negotiated water allocation**

**Risk Aversion Curves for the
Curema and Mãe D'água Reservoir**

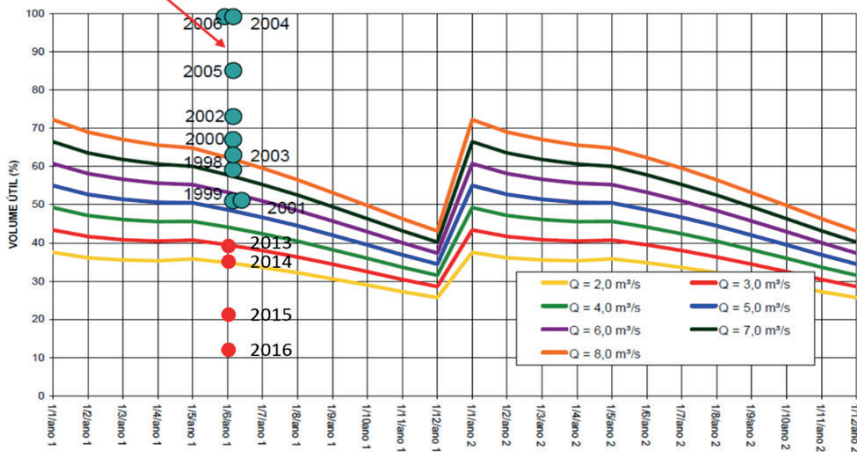


Figure 3: Risk Aversion Curves for the Curema and Mãe D'água Reservoir

4 I GUARIBAS RIVER BASIN

The Bocaina dam, in the semi-arid region of the State of Piauí, with a capacity of 106 hm³ of water, was built with the objective of regularizing the Guaribas River, among other uses. Over the past three decades, use for irrigation and water supply in neighboring cities has increased significantly. The objective of this study is to analyze, by means of several multicriteria methods, the alternatives of operation of the afore mentioned reservoir to meet multiple uses. Five alternatives for reservoir operation, socioeconomic and environmental development were analyzed. For this, four different multicriteria techniques were used: i) weighted average method – WAM (Zadeh, 1963); ii) compromise programming – CP (Yu, 1973); iii) Promethee method with weighted averages (Promethee_WAM) and iv) Promethee method (Brans and Vincke, 1985).

The decision-making process in water resources management currently involves multiple objectives and multiple decision-makers (river basin committees, consortia, etc.). In general, conflicts of interest are established between groups with different views about the goals to be adopted in the planning and management of water resources. For groups linked to pure and simple economic development, the net economic benefit should be maximized, since economic values express the interest of society. On the other hand, environmental groups preach the preservation of the environment in its natural form and are opposed to any intervention that may transform it. Between these two extreme possibilities.

The Bocaina Reservoir (Figure 4), with a capacity of 106 hm³ of water, was built under the responsibility of DNOCS - National Department of Works Against Drought - and executed by the Engineering and Construction Battalion, with the objective, among other aspects, of regularize the Guaribas River. The estimated area by the viability studies of the Bocaina Reservoir reached 2,000 (two thousand) irrigable hectares, according to the Bocaina Dam - Hidroterra SA Executive Project - located in the municipalities of Bocaina, Sussuapara and Picos, with excellent physical and chemical conditions for intensive irrigation use, at a relatively low cost, considering that there was no cost for deforestation, systematization and settlement of producers.

The study of alternatives (A1 to A5) was carried out in two stages: i) Use of rainfall-runoff hydrological models (Freitas, 2010), stochastic streamflow generation models (Freitas, 2010) and Monte Carlo analysis, as well as models for simulation / optimization of the reservoir operation; ii) Use of multicriteria techniques, such as weighted averages method, compromise programming (CP) method and Promethee method.

4.1 Simulation of the Bocaina Reservoir Operation

The current complexity of problems related to the management of water resources requires the use of instruments and techniques capable of assisting in decision making, especially in periods of scarcity. Among these techniques, two deserve mention: mathematical simulation and flow network modeling (Azevedo et al., 1997). Mathematical simulation is a very flexible technique and is therefore widely used, however, as a disadvantage of not offering users the chance to restrict decision-making space and, therefore, problem solving is achieved through a “trial and error” process. On the other hand, the network flow modeling, in addition to reducing the decision space to a set of viable solutions, can be optimized through linear programming.

The water availability in a river is generally used to water supply to the population and industries; animal supply; irrigation of agricultural areas; ecosystem conservation; wastewater dilution; hydro-energy production and navigation. In the specific case of the Guaribas River, downstream of the Bocaina Dam, only the last two uses are not contemplated.

The simulation method uses the continuity equation. In the reservoir operation simulation, the process is initiated considering the average accumulated volume of the dam. Then, several simulations are made to define regularized volumes, associated with various guarantees or risks. In relation to irrigation, simulations were made for several demand areas, based on the estimated area potential for the downstream valley, forecasting monthly demands based on percentages of annual demand, proportional to the monthly deficits determined based on the water balance in the area.

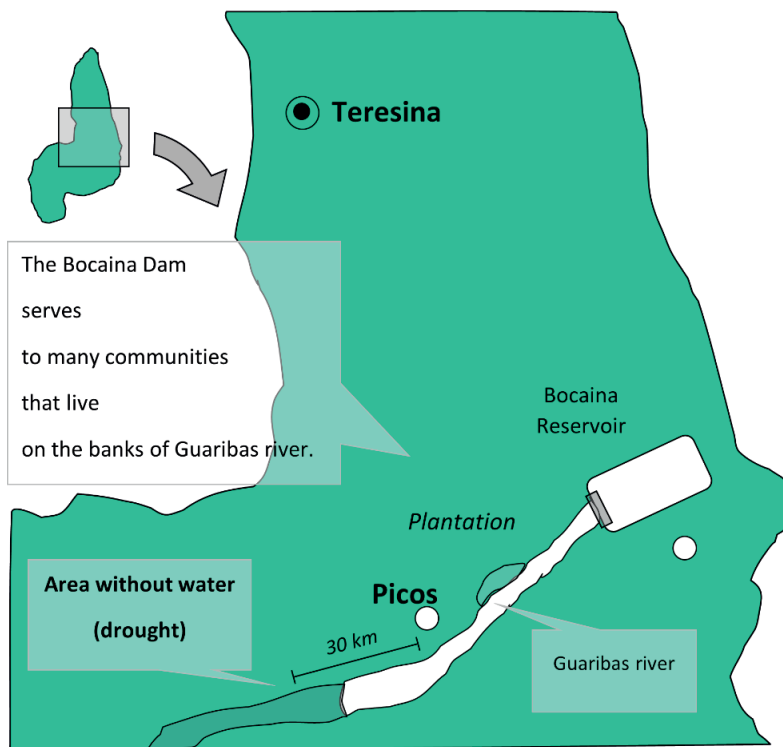


Figure 4: Bocaina Dam location, in the semi-arid region of the State of Piauí.

The failure risk was calculated based on the number of failures in the period of interest divided by the number of time intervals for that period, that is, the simulated period. The simulation model of the reservoir operation used was the one shown in Figure 5, developed by Prof. Dr. Fontane, at the University of Colorado. The model uses Excel's Solver to maximize the annual demand met for the various uses in the basin (irrigation, human supply and animal feed) and to determine the useful (active) volume needed to meet a given demand (reservoir project). The minimum and maximum volume of the Bocaina Dam is 10 and 106 hm^3 , respectively. The maximum annual demand met for the simulated series was 22.27 hm^3 .

4.2 Multicriteria Analysis in the Alternatives Study

For the second stage, the MCDA spreadsheet - Multi-Criteria Decision Analyzes (Figure 8), also developed by Prof. Dr. Fontane, from the University of Colorado. Five alternatives (A1 to A5) were considered for dam operation / economic and environmental development in the region. The alternatives were evaluated according to five criteria: i) irrigation; ii) human and animal supply; iii) the environment; iv) safety and reliability of the dam's operation and v) economic development. Up to five sub-criteria were established for each of the above criteria. Figure 5 shows the values of the criteria and sub-criteria for

each alternative. Five alternatives of relative importance between the criteria were analyzed (G1 to G5). The relative weights between the criteria and sub-criteria were raised based on surveys with specialists in the area and interviews between users.

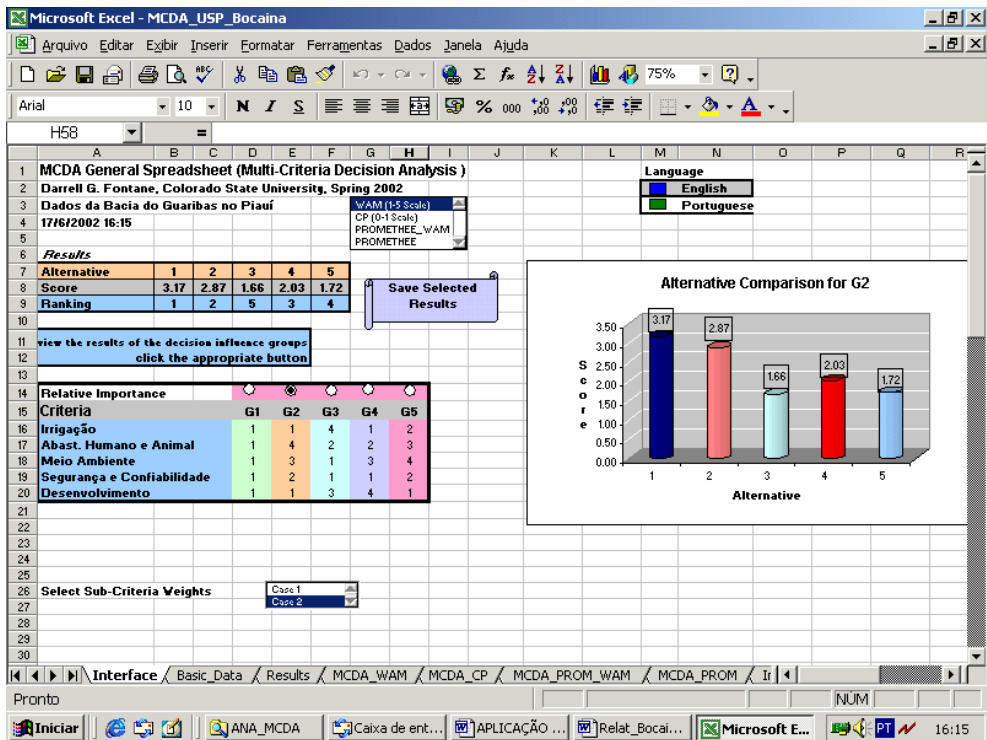


Figure 5: Decision making multicriteria models.

Four different techniques were used: i) weighted averages method (WAM); ii) compromise programming (CP); iii) Promethee method with weighted averages (Promethee_WAM) and iv) Promethee method. As a result, there are the “scores” and the ranking (hierarchy) among the various alternatives. In the Bocaina Basin example, the following priority was found: A1 → A2 → A5 → A3 → A4.

5 | CONCLUSIONS

With the increase in demand for water resources, there is a tendency to intensify conflicts with other users, especially during periods of long-term and severe droughts, such as that of 2012-2020. In situations like this, the integrated management of water resources stands out as an alternative to the resolution of conflicts, contributing to minimize the impacts of long periods of drought. In this article, the application of some of the techniques and methods developed, especially for semi-arid regions, in the Piancó-Piranhas-Açu

hydrographic basin as well as Bocaina Dam / Guaribas hydrographic basin were presented.

REFERENCES

- ANA/GEF/PNUMA/OEA (2004): Subprojeto 4.5C – **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF (2004-2013) Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 16 ALOCAÇÃO DE ÁGUA**. A. V. Lopes; A. R. Pante; L. M. A. de Castro; M. A. de S. Freitas, 2004.
- AZEVEDO, L.G.T.; PORTO, R.L.L.; ZADEH FILHO, K. – **Modelos de Simulação e de Rede de Fluxo**, in: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos, R. La Laina Porto (org.), Editora da Universidade UFRGS/ABRH, 1997.
- BILLIB, M. H. A., FREITAS, M. A. S. 1996 **Drought Forecasting and Management for Northeast-Brazil by Statistics, Neuro-fuzzy Systems Analysis and Stochastic Simulation**. In: Conference on Water Resources & Environment Research: towards the 21st Century, 1996, Kyoto.
- BRAGA, B.; GOBETTI, L. - **Análise Multiobjetivo**, in: Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos, R. La Laina Porto (org.), Editora da Universidade UFRGS/ABRH, 1997.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P. – **A preference ranking organization method**, *Management Science*, vol.31, n.6, 1985.
- BRITO, S., CUNHA, A. P., CASTRO, C., ALVALA, R. MARENGO, J., CARVALHO, M. 2017. **Frequency, duration and severity of drought in the Brazilian Semiarid region**. *International Journal of Climatology*, doi: 10.1002/joc.5225.
- FREITAS, M.A.S., 1996 **Previsão de Secas por Meio de Métodos Estatísticos e Redes Neurais e Análise de Suas Características Através de Diversos Índices (Ceará - Nordeste do Brasil)**, IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, 6 a 13 de novembro de 1996.
- FREITAS, M. A. S. 2005 **Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas**. *Revista Tecnologia - UNIFOR*, Fortaleza, v. Suplem, p. 84-95.
- FREITAS, M. A. S. (2010) **Que Venha a Seca: Modelos para Gestão de Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**. 1. ed. Rio de Janeiro: CBJE Editora, 413p.
- FREITAS, M. A. S. (2021) **The Piancó-Piranhas-Açu Hydrographic Basin Face to the 2012-2020 Drought Event**, *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.4, n.1, p. 1033-1046 jan./mar. 2021.
- FREITAS, M. A. S., BILLIB, M.H.A. 1997 **Drought Prediction and Characteristic Analysis in Semi-Arid Ceará / Northeast Brazil**, Symposium “Sustainability of Water Resources Under Increasing Uncertainty”, IAHS Publ. No. 240, 105-112, Rabat, Marrocos.
- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019a): **The GAR(1) model with fragment method for hydrological drought risk assessment in semiarid regions**. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, p. 18267-18281, 2019.

- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019b): **On the Applicability of Multiseasonal Streamflow Generation Models for Intermittent rivers**. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* 16, p. 36-44, 2019.
- FREITAS, M. A. S.; FREITAS, G. B. (2019c): **Hydrological Drought Assessment: The Use of the ARRF Model for Monthly Streamflow Generation on Intermittent Rivers of the Northeast Brazil**. *Quest Journals - Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, Volume 5, Issue 2 (2019) pp: 29-37 ISSN(Online):2348-2532.
- FREITAS, M. A. S.; SILVEIRA, P. B. M.; FREITAS, G. B. (2019): **A Resilient Drought Risk Management Approach in the Semiarid Northeast Brazil**. *International Journal of Current Research* 11 (09), p. 6968-6974, 2019.
- FREITAS, M. A. S.; GONDIM FILHO, J. G. C. (2007). **Curvas de Aversão ao Risco para os Reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves e Curemas-Mãe D'água**, in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo.
- HASTENRATH, S. 1984 **Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic**. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1097-1107.
- LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. S. - **A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras**. *Revista de Gestão de Água da América Latina (REGA)* 4 (1), 6-28, 2007.
- MARENGO, J.A. 2006 **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território Brasileiro ao longo do século XXI**, Brasília – DF.
- MARTINS, E.S.; BRAGA, C.F.C; SOUZA, F.A.S.; MORAES, M.M.G.A.; MARQUES, G.F.; MEDIONDO, E.M.; FREITAS, M.A.S.; VAZQUEZ, V.; ENGLE, N.L.; DE NYS, E. (2013). **Adaptation challenges and opportunities in Northeast Brazil**. *Environment and Water Resources Occasional Paper Series*, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2013.
- MOSCATI, M. C. L., GAN, M. A. 2007 **Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of Northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime**. *International Journal of Climatology*, n. 27, p. 493-512.
- MOURA, A. D., SHUKLA, J. 1981 **On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model**, *Journal of the Atmospheric Sciences*, pp. 2653–2675, 1981.
- NOBRE, C.A., M.D. OYAMA, G.S. OLIVEIRA, J.A. MARENGO, E. SALATI 2004 **Impacts of climate change scenarios for 2091-2100 on the biomes of South America**. First CLIVAR International Conference, Baltimore, USA, 21-25 June.
- ROOY, M.P. van 1965 **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**, *Notos*, 14, 43.
- RUSTEBERG, B.; FREITAS, M. A. S. (2018): **IWRM Implementation in North-East Brazil (Results from WP 8)**. In: Abels, A., Freitas, M. A. S., Pinnekamp, J., Rusteberg, B. (Org.). *Bramar Project - Water Scarcity Mitigation in Northeast Brazil*. 1ed., Aachen: Department of Environmental Engineering (ISA), 2018, v. 1, p. 120-144.

SALATI, E., SALATI, E., CAMPANHOL, T., VILLA NOVA, N. 2007 **Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI**. Brasília: MMA, 186 p.

UVO, C.B., REPELLI, C.A., ZEBIAK, S.E., KUSHNIR, Y. **The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation**. *J. Climate*, v.11, p.551-562, 1998.

YU, P. – **A class of decision problems for group decision problems**, *Management Science*, n.19, 1973.

ZADEH, L. – **Optimality and no scalar valued performance criteria**, *IEEE Transactions on Automatic Control*, v.59, n.8, 1963.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Luiz Carlos Sérvulo de Aquino

Instituto Virtual Internacional para Mudanças Climáticas Globais (IVIG/COPPE/UFRJ)

Brunna Simões Ungarelli

Instituto Virtual Internacional para Mudanças Climáticas Globais (IVIG/COPPE/UFRJ)

Guilherme Amatzuzi Teixeira

Instituto Virtual Internacional para Mudanças Climáticas Globais (IVIG/COPPE/UFRJ)

Aida Inírida Ortega Acosta

Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá, Colômbia

Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas

Coordenador do IVIG, vinculado à Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia (COPPE/UFRJ)

RESUMO: A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de determinar o consumo do óleo diesel na produção de cereais e frutas; avaliar a consequente quantidade de dióxido de carbono (CO₂) emitida para a atmosfera; e, ainda, relacionar projetos florestais que, por meio da fotossíntese, durante os ciclos de crescimento das árvores, contribuem para o sequestro de parte dessas emissões. Foram selecionadas 41 culturas: 38 perenes e 03 temporárias, tendo sido resgatados dados de produção de 13 anos consecutivos, de 2000 a 2012. Assim, com o

modelo matemático resultante, foi possível obter as emissões de CO₂ de tais cultivos - individuais ou agrupados -; bem como, comparar os resultados das plantações perenes e temporárias. O estudo de caso selecionado apresenta, como exemplo, uma comparação entre o consumo de óleo diesel e as respectivas emissões de CO₂ das lavouras de BANANA (*Musa sp.*) e SOJA (*Glycine max*), com base na produção brasileira. Em relação ao sequestro de carbono (C) foram elaboradas quatro alternativas de mitigação florestal: i) PROJETO DE PROTEÇÃO FLORESTAL; ii) REFLORESTAMENTO com espécies de rápido crescimento; iii) SISTEMAS DE AGROFLORESTAIS (1º ciclo); e (iv) PROJETO DE ARBORIZAÇÃO URBANA. Para cada opção, há a indicação do número de árvores a serem plantadas ou hectares a serem protegidos / enriquecidos para efeito de redução, ainda que parcial, da quantidade de CO₂ emitida para a atmosfera.

PALAVRAS - CHAVE: Agricultura & floresta; consumo de diesel; Emissão de CO₂; sequestro de Carbono com projetos florestais.

DIESEL CONSUMPTION ASSESSMENT MODEL IN AGRICULTURE, WITH CO₂ EMISSION ESTIMATES FOR ATMOSPHERE AND FOREST PROJECTS CARBON HIJACKING. CASE STUDY: BANANA X SOY

ABSTRACT: The present research was developed with the objective of determining the consumption of the diesel oil in the production of cereals and fruits; assess the consequent amount of CO₂ emitted into the atmosphere; and,

in addition, list forest projects that, through photosynthesis, during tree growth cycles, can contribute to the total or partial sequestration of these emissions. 41 crops were selected: 38 perennials and 03 temporary, for which were rescued production data from 13 consecutive years, from 2000 to 2012. Thus, with the resulting mathematical model, it was possible to obtain CO₂ emissions from all crops - individual or grouped -, as well as to compare the results of perennial and temporary plantations. The selectees study case show, for example, a comparison the diesel consumption and the respective CO₂ emissions of the crops: BANANA (*Musa sp.*) and SOYBEAN (*Glycine max*), based on the Brazilian production. About regarding the sequestration of carbon (C) four forest mitigation alternatives were elaborated: i) FOREST PROTECTION PROJECT; ii) REFORESTATION with fast growing species; iii) AGROFLORESTAIS SYSTEMS (1st cycle); and (iv) URBAN ARBORIZATION PROJECT. For each option, there is the indication of the numbers of trees to be planted or hectares to be protected / enriched for a purpose of the reduction of the quantity of CO₂ issued for atmosphere.

KEYWORDS: Agriculture and forest; diesel consumption; CO₂ emission; carbon sequestration with forests projects.

1 | INTRODUÇÃO

A modernização do setor agrícola no Brasil e em outros países da América Latina começou na década de 1960, com investimentos governamentais em: infraestrutura, implantação de sistemas de comunicação; ampliação da assistência técnica, garantia de preços mínimos e liberação de linhas de crédito. Mas esta modernização não inclui a totalidade dos cultivos perenes e dos produtos vegetais do extrativismo.

Além disso, na época, não havia preocupação com as emissões de gases de efeito estufa, mas, sim, uma visão desenvolvimentista predominante em todos os setores da economia. Apenas na década de 1980, as mudanças climáticas despertaram preocupação na comunidade científica internacional, devido às evidências que correlacionam o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) com o aquecimento global. Somente em 1990, com o primeiro relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [1], foi alcançado um relativo consenso sobre este tema, mas não excluiu divergências metodológicas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, cujos entendimentos sobre as finalidades e capacidades de divulgação dos parâmetros agroflorestais são opostos. Há, obviamente, as diferenças entre as atividades praticadas dos pequenos e médios agricultores e as ações de *marketing* conduzidas pelos grandes investidores do agronegócio [2] [3]. Assim, a escolha da BANANA e da SOJA baseou-se no fato desses cultivos ocuparem os extremos no *ranking* do consumo de diesel e das respectivas emissões de dióxido de carbono (CO₂). Além, dos tratos culturais serem de dois grupos distintos de cultivos: respectivamente, permanentes e temporários [4].

Provavelmente, por esse motivo e por outras razões estruturais, verifica-se, há muito tempo, com poucas exceções, a demora no aprimoramento da catalogação dos

dados da produção agrícola e florestal. Observa-se, por exemplo, que, no Brasil e em muitos países do hemisfério sul, dificuldades para o levantamento dos dados primários, exigindo inferências diversas, que incluem, dentre outros, o cálculo das taxas de fixação de carbono de espécies arbóreas. Logo, poucos pesquisadores se aventuram a enfrentar as dificuldades inerentes deste tipo de estudo devido ao elevado grau de incerteza, causado, também, pelas consideráveis diferenças de solo, clima e vegetação das regiões terrestres.

Dessa forma, apesar dessa constatação, a presente pesquisa agroflorestal teve como finalidade superar as seguintes dificuldades:

- A escolha das culturas (perenes e temporárias) e das ferramentas de processamento digital;
- A decisão de agrupar em um mesmo componente do modelo de cálculo culturas agrícolas com processos produtivos relativamente similares;
- A sistematização de diversos dados agroflorestais para subsidiar a pesquisa técnico-científica, com a elaboração de um modelo de cálculo de apoio complementar baseado na Ciência Florestal;
- A quantificação estimada do volume de óleo diesel usado na mecanização e na produção e transporte das diferentes safras; e
- Conversão matemática de medidas (área e volumes) em parâmetros de energia.

Este estudo também mostra, na medida do possível, as grandes diferenças entre os modelos de produção das safras do agronegócio (SOJA, cana-de-açúcar e algodão) [5] [6] e os gastos menores feitos para a produção de BANANA, de outras frutas tropicais [7] [8] [9] e de produtos do extrativismo vegetal [10]. Consequentemente, em função das peculiaridades e características das lavouras e florestas, o modelo em apreço buscou gerar indicadores estatísticos de projetos de reflorestamento, de arborização e de ações de proteção agroecológica, com o intuito de estimular plantios de árvores, tanto por produtores rurais, como por instituições públicas, voltados para redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2). Devido à inconsistência dos dados técnicos e/ou de informações socioeconômicas, houve a necessidade de algumas inferências, enfatizando:

- Nível de mecanização de um processo produtivo [11] [12] [13];
- A importância atribuída a um tipo de tratamento cultural em relação a outros; e
- Padrão de vida dos produtores rurais (pequenos, médios ou grandes produtores [14]).

Ao optar neste estudo pela comparação entre uma cultura tradicional e outra altamente mecanizada, a intenção é demonstrar, a partir das experiências agrícolas brasileiras e latino-americanas, a grande diferença que existe entre as atividades dos pequenos e médios agricultores e dos grandes investidores do agronegócio.

2 | JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

Modelo matemático que visa sensibilizar a sociedade em geral e os empresários do setor agrícola, em particular, para a necessidade de investimentos em projetos de recuperação de paisagens florestais, que contribuem, adicionalmente, para a proteção dos solos, da biodiversidade; bem como, para a mitigação das emissões de CO₂, derivadas das atividades agrícolas.

2.1 Objetivos Gerais

- Propor modelo de sistematização de dados de produção agrícola para cálculo do consumo de óleo diesel e das respectivas emissões de CO₂;
- Indicar opções florestais e agroflorestais para apoiar projetos de sequestro de carbono, apontando o número de árvores e hectares a serem plantados ou protegidos, usando como exemplos comparativos as safras de BANANA e de SOJA; e
- Contribuir para a melhoria da reputação das empresas que, de fato, optarem pela neutralização das emissões de CO₂, contribuindo, assim, para a gerar oportunidades de trabalho no meio rural e o aumento da renda dos pequenos produtores.

3 | METODOLOGIA

3.1 Planilhas de cálculo - Dados de entrada

Foram selecionados 41 produtos diferentes (agrícolas e extrativistas), sendo: 38 perenes e 03 temporários (Tabelas 1), das quais resgatou-se dados de produção de 13 anos consecutivos, de 2000 a 2012.

	ESPECIFICAÇÕES	TOTAL
Cultivos Permanentes	BANANA Café e cacau Coco e palma Frutas Cítricas: Laranja, Limão e Tangerina Frutas Tropicais: Abacate, Anonáceas (atemóia, graviola, abacaxi, etc.), Caju, Goiaba, Mamão, Manga Frutos subtropicais: caqui, figo, maçã, pêra + marmelo e pêssego + ameixa + nectarina Uva, Maracujá e Pimenta do Reino Extrativismo vegetal (palmeiras): Açaí, Babaçu, Buriti + Carnaúba, Palmito e Piaçava. Extrativismo vegetal (Madeiras nobres): Borracha, Castanha, Erva Mate, Guaraná, Mangaba, Pequi e Umbu.	38
Cultivos Temporários	Algodão (herbáceo e arbóreo) Cana de açúcar SOJA	03
TOTAL		41

Tabela 1: Culturas pesquisadas e principais agrupamentos

A Tabela 2 mostra os dados da produção, produtividade e transporte interno das lavouras de soja e banana, fruta que é produzida em 130 países, que compõe a dieta alimentar de pessoas de todos os continentes [7].

BANANA				2000	2001	..	..	2011	2012
Dados de Entrada									
Área Plantada	(1000 ha)	[4]	[15] [32]	524,8	510,3			505,7	523,5
Produtividade	(toneladas / ha)		[15]	14,20	13,40			14,36	12,96
Dias de transporte / ano -70%-função das zonas: produção e colheita [32]				204	204			204	204
Distância: da área de plantio ao comércio / indústria (km) [32]				125	125			125	125
Capacidade média do caminhão: 'Toco' (~ toneladas) [16]				14,0	14,0			14,0	14,0
Consumo estimado de óleo diesel por caminhão (km/l) [16]				6,0	6,0			6,0	6,0
Conversão: 1.0 tonelada de diesel = 0,848 tEP [17]				0,848	0,848			0,848	0,848
Densidade do Óleo Diesel = 0,840 t/m³ [17]				0,84	0,84			0,84	0,84
Preço médio do Óleo Diesel na bomba [18]				0,713	0,821			2,120	2,319

SOJA				2000	2001	..	..	2011	2012
Dados de Entrada									
Área Plantada	(Mil hectares)	[4]	[15] [32]	13,693.7	13,988.4			24,052.4	27,721.5
Área de Colheita	(Mil hectares)		[15]	12,023.3	13,854.1			24,050.2	27,716.6
Produtividade	(toneladas / ha)		[15]	2,73	2,40			14,36	12,96
Dias de transporte / ano -70%-função das zonas: produção e colheita [32]				136	136			136	136
Distância: da área de plantio ao comércio / indústria (km) [32]				85	85			85	85
Capacidade média de carga de caminhões com 02 e 03 eixos (~ t) [16]				30,0	30,0			30,0	30,0
Consumo estimado de óleo diesel por caminhão (TRUCK - km / l) [16]				3,5	3,5			3,5	3,5
Conversão: 1.0 tonelada de diesel = 0,848 tEP [17]				0,848	0,848			0,848	0,848
Densidade do Óleo Diesel = 0,840 t/m³ [17]				0,84	0,84			0,84	0,84
Preço médio do Óleo Diesel na bomba [18]				0,713	0,821			2,120	2,319

TABELA 2: Dados Básicos de Produção e Transporte Interno das Culturas de Banana e Soja

3.2 Critérios técnicos adotados para o cálculo do sequestro de carbono

Para quantificar as emissões de CO₂ decorrentes do consumo de óleo diesel no plantio, colheita e transporte interno da produção agrícola foram adotados os critérios sugeridos pela Convenção Internacional do Clima: “**Diretrizes para Inventário Nacional de Inventários de Gases de Efeito Estufa**”.

De acordo com o método *top-down* do IPCC [1], a primeira tarefa é converter para uma unidade comum (TERA JOULE) a quantidade de emissões de gases de efeito estufa e o consumo de energia. Somente depois disso, as emissões de CO₂ podem ser medidas, usando a seguinte equação:

$$CC = CA \times F_{conv} \times tEP \times F_{corr}$$

Onde:

1 tEP (Tonelada Equivalente de Óleo) = $45,2 \times 10^{-3}$

TJ (Tera-Joule) = 1012 J

CC = Consumo de energia (TJ);

CA = Consumo de combustível (m³, litros ou kg / t)

Fconv = Fator de conversão da unidade física de medida da quantidade de combustível para tEP, com base no maior poder calorífico (PCS) do combustível¹

Fcorr = Fator de correção PCS para ICP (menor valor calorífico)².

Nesta pesquisa, de acordo com o IPCC (Metodologia Simplificada), para a conversão para a unidade comum foi utilizado o valor calorífico inferior (PCI), o qual considera a energia do combustível efetivamente aproveitável. Portanto, foi adotada a seguinte fórmula:

$$QC = CC \times Femiss \times 10^{-3}$$

Onde:

QC = teor de carbono expresso em GgC = tC x 10⁻³

CC = consumo de energia em TJ;

Femiss = fator de emissão de carbono (tC / TJ)³

Para estimar a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) e de carbono (C) disperso na atmosfera, é indicado o uso da razão de peso molecular, expressa pela seguinte equação:

$$ECO_2 = EC \times \frac{44}{12}$$

Onde:

ECO₂ = emissão de CO₂ e EC = emissão de C.

3.3 Alternativas Florestais para Mitigar as Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂) Parâmetros Técnicos

As 04 (quatro) propostas selecionadas para o sequestro de carbono consideram as seguintes premissas:

- Estimativas anuais de crescimento das árvores;
- Espécies de árvores adequadas;
- Ciclos completos de desenvolvimento florestal conforme determinado pela fixação de carbono;
- Ciclos de sistemas agroflorestais (SAFs); e
- Dados sobre regeneração de floresta degradada com enriquecimento de floresta.

Os dados do Projeto FLORAM [19] indicam que cada hectare de floresta nativa

¹ De acordo com o Balanço Energético Nacional, divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE / 2014). O valor Fconv do óleo diesel em 2014 foi de 0,848456 tEP / m³

² No presente estudo, o fator de correção utilizado, que corresponde à relação PCS / ICP, foi de 0,939534884

³ Segundo o IPCC (1996), o valor do fator de emissão de carbono para óleo diesel é de 20,2 tonC / TJ);

no clímax acumula em média entre 7,0 e 10,0 toneladas de carbono / ano. Por outro lado, as plantações de eucaliptos (2,5m x 2,5m, com 1.600 árvores), acumulam cerca de 144 toneladas de C por hectare, em um ciclo de 06 a 07 anos. Essas taxas explicam a preferência dessa espécie na maioria dos projetos florestais. As sugestões de parcerias operacionais e um resumo de cada alternativa são apresentados a seguir:

1ª OPÇÃO: REFLORESTAMENTO com espécies de rápido Crescimento

Essa alternativa de neutralização deve ser feita com as lavouras de eucalipto por meio do estabelecimento de parcerias com empresas que realizam reflorestamentos com fins econômicos. De acordo com este modelo, os talhões devem respeitar o espaçamento de 2,5 x 2,5m (1.600 árvores por hectare) [20] [21] [22], durante 04 (quatro) ciclos de 06 (seis) anos cada.

2ª OPÇÃO: PROTEÇÃO FLORESTAL e PROJETOS de ENRIQUECIMENTO

Para essa alternativa são recomendadas parcerias com Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, empresas do setor elétrico e ONGs. As áreas escolhidas devem circundar e proteger os remanescentes de mata ciliar [23] [24], as nascentes de água doce e as áreas degradadas das margens dos reservatórios. A ideia principal é proteger os recursos hídricos, o solo e a biodiversidade regional. É importante identificar os líderes locais e realizar atividades educacionais para envolver outras partes interessadas.

3ª OPÇÃO: IMPLEMENTAÇÃO de SISTEMAS AGROFLORESTAL (SAFs - 1º Ciclo)

Esta alternativa sugere a adoção de Sistemas Agroflorestais (SAFs). É fundamental buscar parcerias com Secretarias Estaduais e Municipais de Agricultura e Meio Ambiente que, em parceria com Sindicatos de Trabalhadores Rurais e agências de assistência técnica especializada e extensão rural, possam auxiliar na escolha de quais assentamentos de produtores rurais e / ou familiares devem ser auxiliados.

No Brasil, tais modelos SAFs podem ser modificados em experimentos de base regional realizados pela EMBRAPA. Os agricultores familiares seriam responsáveis pela manutenção dos projetos nos anos subsequentes, com o auxílio de agências de fomento agroflorestal [25- 26]. Como as outras opções, os SAFs exigem a conclusão dos ciclos para contribuir, mais efetivamente, para o sequestro de carbono.

4ª OPÇÃO: PROJETOS DE ARBORIZAÇÃO URBANA (RUAS E PARQUES)

Sugere-se, neste caso, que as Secretarias Municipais de Meio Ambiente estabeleçam parcerias com empresas, ONGs e órgãos públicos em áreas urbanas. O ciclo de crescimento das espécies urbanas foi estimado em 25 a 30 anos [27] [32]. Utilizamos 01 (um) hectare de referência para facilitar o cálculo. Assim, a quantidade de árvores a ser plantada em uma área retangular convencional é indicada de acordo com o espaço disponível.

Opção 1:  Plantio de mudas de árvores do Centro de Referência em Recuperação Florestal (CR-ad UNIVASF - Petrolina, Nordeste do Brasil) para REFLORESTAR e RECUPERAR áreas degradadas.	Opção 2:  PROTEÇÃO FLORESTAL com cercas para estimular a regeneração natural em áreas de preservação permanente (APP's: proteção de nascentes, margens de rios, vales, etc.).
Opção 3:  SISTEMAS AGROFLORESTAIS, onde as árvores são intercaladas por culturas agrícolas (BANANA, feijão, milho, café, etc.) produzindo alimentos e renda pros agricultores familiares.	Opção 4:  Exemplo de PROJETO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, em Brasília / DF, Brasil, para paisagismo e amenização climática (<i>Cassia sp.</i>).
 Fotos comparativas: 1) Plantação tradicional de BANANA, no município de Delfinópolis, Estado de Minas Gerais, Brasil; pouca mecanização. Foto: EMATER / MG.	 2) Grandes equipamentos agrícolas realizando colheita de SOJA no Centro-Oeste do Brasil: consumo extremamente elevado de óleo diesel Foto: Daniel Popov, Canal Rural.

A Tabela 3 apresenta uma decomposição de dados para cada opção, indicando ciclos, premissas de plantio de árvores, dados sobre SAFs e crescimento de espécies nativas, bem como os requisitos para arborização urbana.

Table 3 Forestry technical assumptions considered for each CO₂ emission mitigation alternative [27].

1st option: reforestation with fast growing species	
Species used	<i>Eucalyptus</i> sp.
Number of cycles for commercial use/years	4 cycles $\times$ 6 years = 24
Area (m ²)	10,000
Spacing	2.5 m $\times$ 2.5 m = 6.25 m ²
Number of trees/ha	1,600 = 10,000/6.25
Annual C fixation by tree (ton C/tree)	0.0450
Total amount of fixed C (ton C/ha)	287.8
Conversion factor for CO ₂ /ha	44/12 = 3.67
Total C captured in the complete cycle (ton C/ha)	1,055.3 = 287.8 $\times$ 3.67
Technical projection for emissions neutralization (number of ha)	19.0 = 20,000 (ton C/ha)/1,055 (ton C)
Total number of trees to be planted	30,400 = 19 $\times$ 1,600
2nd option: forestry protection project with enrichment	
(1) Surrounding degraded areas with forests at an initial stage of regeneration	
Reference area (m ²)	10,000
Percentage of forests in 1 ha	0.55
Amount of C accumulated after four years (ton)	27.83
Estimate of total natural regeneration until the forest reaches climax stage (ton C)	114.8 = [(27.83/4) $\times$ 0.55 $\times$ 30 years]
Spacing	4.0 m $\times$ 4.5 m = 18.0 m ²
Enrichment with forest species and fruit trees (number of trees)	555.6 = 10,000/18
Total yearly estimated carbon (ton C/tree/ha)	4.70 = (0.00840 ton/tree/ha $\times$ 556)
Number of native trees or planted fruit species	4,214
(2) Enclosure to protect native forest remnants and/or secondary forests	
Percentage of forests in 1 ha	0.45
Amount of C accumulated/year (ton C)	114.8
Estimated cycle until climax (years)	30
Estimated C asset per year (ton)	1.30
Estimation of the amount of accumulated carbon at climax (ton C)	64.0
Estimation of annual C fixation (ton/ha)	67.0 = [(27.83 $\times$ 0.55) + (114.8 $\times$ 0.45)]
Total C captured during entire cycle (ton C)	2,639 = [(4.67 $\times$ 30 years $\times$ 3.67) + (67 $\times$ 30 years) + 114.8]
Projected area to neutralize CO ₂ emission (ha)	7.6 = 20,000 (ton CO ₂)/2,639 (ton CO ₂ /ha)
3rd option (family farmers financing): implantation of agroforestry system (1st cycle)	
(1) Forest part	
Reference area (m ²)	10,000
% for forest management (ha)	0.5
Forest plantation area (m ²)	5,000
Proposed spacing	3.5 m $\times$ 4 m = 14 m ²
Number of arboreal species	714.3 = 10,000 /14
Estimate of annual C fixation (ton/tree/ha)	6.34 = (0.008871 $\times$ 714)
Timber extraction cycle	3 cycles $\times$ 6 years = 18.0
Total C captured during the complete forest management cycle (ton)	418.20
(2) Agronomic part	
Reference area (m ²)	10,000
% for agricultural production (ha)	0.5
Banana planting (m ²)	3,000
Number of day cycles (sprouts and replanting)	12.0
Proposed spacing	2.0 m $\times$ 2.0 m = 4 m ²

(Table 3 continued)	
Number of banana trees	750 = 3000/4
Estimation of the amount of dry matter/ha in the 1st cycle (> 500 to < 600 d) (ton)	48.79
Estimated amount of C/ha (ton)	24.4 = (48.8 × 0.4 default IPCC)
Estimation of C fixation per banana tree (ton/ha)	0.026 = (19.5/750 tree)
Amount of C fixed in AFS planting (example) (ton)	234 = 0.026 × 750 × 12
Total C capture during the complete cycle (ton)	858.8 = 234 × 3.67
Planting of grains + sugarcane	
Area of various crops to produce grains (corn, beans) and others (m ²)	2,000
Number of cycles (years)	18.0
Estimation of dry matter/ha/cycle (ton)	7.5
Estimation of the fixation of C/ha by temporary crops (ton)	1.82 = 7.5 × 0.242
Amount of C fixed in the present planting of the agroforestry system (ton)	32.67 = 1.82 × 18 years
Total C capture during the complete cycle (ton)	119.79 = 32.67 × 3.67
Total C captured by the agroforestry system (ton C)	1,396.8 = 418.2 + 858.8 + 119.8
Technical project for emission neutralization (ha)	14.32 = 20,000/1,396.8
Number of trees for forest management/enrichment (considering suggested cycles)	10,232 = 14.32 × 714
4th option: Urban afforestation project (streets and public parks) with native species	
Reference area (m ²)	10,000
Estimated full development cycle	1 cycle × 25 years = 25
Planting space in streets and avenues	6 m × 6 m = 36 m ²
Planting space in public parks	2.5 m × 2.5 m = 6.25 m ²
Amount of trees per referential ha (planting in the streets)	10,000/36 = 278
Amount of trees per referential ha (planting in squares)	10,000/6.25 = 1,600
Total trees/reference ha	278 + 1,600 = 1,878
Estimation of annual C fixation per tree (ton C)	0.00849
Estimate of the annual fixation of C/reference ha (ton C)	15.944 = 0.00849 × 1,878
Estimation of total carbon fixation (ton C)	398.32
Conversion factor for CO ₂	44/12 = 3.67
Total C capture in the complete cycle (ton C)	1,460.5
Technical project for emission neutralization (number of reference ha)	13.7
Total number of trees to be planted	25,714
Sources of options 1, 2, 3 and 4: templates developed by the author, using data from Floram project and information's studies done by EMBRAPA and Brazilian universities.	

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As alternativas de sequestro de carbono apresentadas neste modelo matemático (Opções: 1, 2, 3 e 4) visam cobrir os diferentes aspectos da ciência florestal, desde o reflorestamento com espécies de rápido crescimento até projetos agroflorestais. Em todos eles há um desejo explícito de estimular o plantio de árvores para atender a demanda por madeira e outros produtos; bem como proteger: solo, biodiversidade e recursos hídricos, como forma de compensar as emissões causadas pelo consumo de óleo diesel [23] [24].

A maior dificuldade encontrada em termos de captura de carbono foi, sem dúvida, em relação à alternativa que trata da proteção e enriquecimento de remanescentes florestais

(Opção 2 – recuperação de áreas verdes), uma vez que cada área a ser recuperada, devido aos diferentes níveis de degradação, requer plantios de espécies nativas em quantidades muito variáveis [28] [29].

Apesar disso, a contribuição da regeneração natural não deve ser negligenciada, especialmente em regiões tropicais e subtropicais onde a alta incidência de luz solar combinada com outros fatores edafoclimáticos favorecem o rápido crescimento da cobertura vegetal. Portanto, considerou-se que determinadas áreas, com os plantios de enriquecimento, são uma importante ação para mitigar parte das emissões de CO₂.

Por outro lado, as opções 1 e 4, de reflorestamento e arborização urbana, que indicam, respectivamente, plantações de eucalipto e de espécies nativas ou exóticas que deveriam atingir a idade de clímax aos 25 anos, foram as de menor grau de complexidade.

O Eucaliptus, por exemplo, possui diversos estudos de desenvolvimento florestal realizados no Brasil, o que facilitou a determinação de seus parâmetros.

Por sua vez, pelo fato de a arborização urbana das cidades brasileiras utilizar um número reduzido de espécies florestais nativas, os dados médios de crescimento arbóreo foram inferidos com o apoio da bibliografia consultada.

A opção 4, que propõe a implantação de sistemas agroflorestais, teve o propósito de estimular os pequenos produtores rurais a fazerem plantios integrados de alimentos e árvores para atender às suas necessidades. Nesse caso, o modelo apresenta um exemplo de associação de espécies de 1,0 hectares, sendo composto por: 0,5 ha com espécies florestais, 0,3 ha com banana; e 0,2 ha com cana-de-açúcar e grãos). Levando em conta um ciclo de 18 anos, estima-se que um montante de 860,0 toneladas de carbono, aproximadamente, podem ser sequestrados. Porém, esse resultado se aplica apenas a esta situação específica, pois a quantidade de carbono a ser capturada dependerá diretamente da composição do SAF. Mas, presume-se que a participação dos pequenos agricultores em larga escala tende a ser relevante, contribuindo para a segurança alimentar e o equilíbrio ambiental.

Na tabela 3 verifica-se, detalhadamente, as informações básicas de cada uma das alternativas sugeridas. Os dados de crescimento das espécies florestais foram obtidos no Projeto FLORAM (USP). Os dados de emissões de CO₂ foram elaborados pela equipe IVIG / COPPE / UFRJ, após a pesquisa bibliográfica, incluindo: dados de produção agrícola do IBGE, estudos da EMBRAPA e consultas na internet sobre os métodos de produtos agrícolas que fazem parte do presente modelo matemático (Tabela 1) .

As Tabelas 4A / 4B exemplificam os resultados das produções brasileiras de BANANA e SOJA, entre 2000 e 2012; a tabela 5 apresenta as sugestões de mitigação das respectivas emissões. Enquanto, a tabela 6 resume os resultados das alternativas de mitigação de todas as culturas agrícolas: permanentes e temporárias, realçando o fato da banana e da soja ocuparem os extremos do ranking, tanto no Brasil, como em todos os demais países da América Latina.

Por fim, a tabela 7 apresenta o *ranking* que mostra, em ordem decrescente, as culturas que mais consumiram óleo diesel e emitiram CO2 para a atmosfera, com a respectiva conversão para consumo em toneladas equivalentes de óleo (tEP) durante os 13 anos.

TABELA 4A - BANANA: RESULTADOS DA PRODUÇÃO				2000	2001	...	...	2011	2012	Total
PRODUÇÃO – Carga transportada por ano (Mil toneladas) [4] [15] [32]				7.451,5	6.838,7			7.262,9	6.786,7	90.580,5
Média da Produção Anual [15]										6.967,7
DADOS DE MECANIZAÇÃO e de TRATAMENTOS CULTURAIS										
Nº de hectares com Mecanização (Plantios, Manutenção e colheita - 1000 ha)				47,23	51,03	...	...	75,86	78,53	
Média Estimativa do Consumo de Óleo Diesel (Litros por hectare)				44,0	44,0	...	...	44,0	44,0	
Consumo Total de Óleo Diesel na Mecanização (Litros)				2.078.010,0	2.245.377,2			3.337.620,0	3.455.100,0	35.758.125,4
TRANSPORTE DA ÁREA DE PLANTIO ATÉ O DEPÓSITO DE DISTRIBUIÇÃO										
Distância das Viagens de Transporte - ida e volta (km)				133.062	122.120	...	...	129.694	121.191	
Nº de Viagens por ano				532	488	...	...	519	485	
Carga Transportada por dia (1000 toneladas)				36,53	33,52	...	...	35,60	33,27	
Consumo Total de Óleo Diesel da Produção (Litros)				33.265,4	30.529,9	...	...	32.423,5	30.297,8	404.377,3
ÓLEO DIESEL and ENERGY CONSUMPTION ESTIMATE										
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (Litros / ano)				2.111.275,4	2.275.907,1	...	...	3.370.043,5	3.485.397,8	36.162.502,7
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (m³ / ano)				2.111,28	2.275,91	...	...	3.370,04	3.485,40	36.162,5
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (toneladas / ano)				1.773,5	1.911,0	...	...	2.830,8	2.927,7	30.376,5
Consumo de Óleo Diesel (Tonelada Equivalente de Petróleo - tEP)				1.504,7	1.621,2	...	...	2.400,5	2.482,7	25.760,1
ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CO2 (toneladas)				5.215,7	5.622,4	...	...	8.325,35	8.610,32	89.335,8
MÉDIA GERAL DAS EMISSÕES DE CO2 (13 anos - toneladas)										6.872,0
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA (TJ)										1.206,2

TABELA 4B - SOJA: RESULTADOS DA PRODUÇÃO				2000	2001	...	...	2011	2012	Total
PRODUÇÃO – Carga transportada por ano (Mil toneladas) [4] [15] [32]				38.823,61	37.905,72	...	...	74.815,46	81.486,8	718.086,6
Média da Produção Anual [15]										55.237,4
DADOS DE MECANIZAÇÃO e de TRATAMENTOS CULTURAIS										
Nº de hectares com Mecanização (Plantios, Manutenção e colheita - 1000 ha)				12.324,31	12.589,52	...	...	21.647,17	24.949,35	
Média Estimativa do Consumo de Óleo Diesel (Litros por hectare)				118	118	...	...	118	118	
Consumo Total de Óleo Diesel na Mecanização (Litros)				1.429.619.878,8	1.460.383.844,4	...	...	2.511.071.604,0	2.894.124.600,0	28.020.466.083,6
TRANSPORTE DO PLANTIO ATÉ A INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO										
Distância das Viagens de Transporte - ida e volta (km)				1.094.120	1.263.524	...	...	2.493.849	2.716.227	
Nº de Viagens por ano				186.000.451	214.799.059	...	...	461.758.756		
Carga Transportada por dia (1000 toneladas)				241.350,07	278.718,50	...	...	550.113,67	599.167,68	
Consumo Total de Óleo Diesel da Produção (Litros)				66.428.732,5	76.713.949,6	...	...	151.412.237,6	164.913.770,0	1.453.270.533,5
DIESEL and ENERGY CONSUMPTION ESTIMATE										
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (Litros / ano)				1.496.048.611,3	1.537.097.794,0	...	...	2.662.483.841,6	3.059.038.370,0	29.473.736.617,1
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (m³ / ano)				1.496.048,61	1.537.097,8	...	...	2.662.483,84	3.059.038,4	29.473.736,6
Estimativa do Consumo Total de Óleo Diesel (toneladas / ano)				1.256.680,8	1.291.162,1	...	...	2.236.486,4	2.569.592,2	24.757.938,8
Consumo de Óleo Diesel (Tonelada Equivalente de Petróleo - tEP)				1.066.238,4	1.095.494,3	...	...	1.897.560,3	2.180.185,9	21.006.021,7
ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE CO2 (toneladas)				3.695.836,9	3.797.244,74	...	...	6.577.397,23	7.557.045,11	72.811.887,3
MÉDIA GERAL DAS EMISSÕES DE CO2 (13 anos - toneladas)										5.600.914,4
CONSUMO TOTAL DE ENERGIA (TJ)										22.074.472,9

CULTIVOS AGRÍCOLAS / ALTERNATIVAS DE SEQUESTRO DE CARBONO		2000	2001	..	..	2011	2012	PLANTIOS FLORESTAIS	
1ª OPÇÃO: REFORESTAMENTO COM <i>EUCALIPTUS SPP.</i>								MÉDIA GERAL	
BANANA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº de ha)	1,4	1,5	..	..	2,3	2,4	Nº de ha.	2,0
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	2.281,0	2.458,0	..	..	3.639,0	3.764,0	Nº de Árvores	3.004,0
SOJA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº de ha)	1.010,3	1.038,0	..	..	1.798,1	2.065,9	Nº de ha.	1.531,0
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	1.616.519	1.660.873	..	..	2.876.881	3.305.369	Nº de Árvores	2.449.779
2ª OPÇÃO: PROJETOS DE PROTEÇÃO FLORESTAL + plantios de enriquecimento									
BANANA	# PROJEÇÃO: Número de hectares para ser isolado com plantios de recuperação florestal com árvores nativas	4,6	5,0	..	..	7,4	7,6	Nº de hectares	6,1
SOJA	# PROJEÇÃO: Número de hectares para ser isolado com plantios de recuperação florestal com árvores nativas	3.283,6	3.373,7	..	..	5.843,7	6.714,1		4.976,2
3ª OPÇÃO IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS (1º Ciclo)									
BANANA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº de ha)	1,7	1,9	..	..	2,8	2,9	Nº de hectares	59,0
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	1.250,0	1.347,0	..	..	1.964,0	1.962,0	Nº de Árvores	1.646,0
	# Nº PRODUTORES BENEFICIADOS (02 famílias / ha)	3,0	4,0	..	..	6,0	7,0	Produtores Beneficiados	5,0
SOJA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº de ha)	1.239,8	1.273,9	..	..	2.206,5	2.535,2	Nº de hectares	3.180,8
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	885.606	909.905	..	..	1.576.092	1.810.838	Nº de árvores	1.342.105
	# Nº PRODUTORES BENEFICIADOS (02 famílias / ha)	1.240	2.548	..	..	4.413	5.070	Produtores Beneficiados	3.663
4ª OPÇÃO PROJETOS DE ARBORIZAÇÃO URBANA									
BANANA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº hectares de Referência)	1,0	1,1	..	..	1,6	1,7	Nº ha de referência	10,0
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	1.935,0	2.084,0	..	..	3.086,0	3.192,0	Nº de Árvores	2.548,0
SOJA	# PROJETO DE NEUTRALIZAÇÃO DAS EMISSÕES (Nº hectares de Referência)	730	750	..	..	1.299,2	1.492,7	Nº ha de referência	7.473
	# Nº DE ÁRVORES PLANTADAS	1.370.853	1.408.467	..	..	2.439.677	2.803.046	Nº de Árvores	2.077.482

TABELA 5: Opções sugeridas para mitigar as emissões de dióxido de carbono (CO₂) / tabela comparativa entre as safras de banana e soja

TABELA 6: ALTERNATIVAS PARA MITIGAR AS EMISSÕES DE CO ₂ , POR TIPO DE CULTIVO - SAFRAS PERMANENTES								
	Média das Emissões de CO ₂	Toneladas de Óleos Equivalentes	OPÇÃO 1		OPÇÃO 2	OPÇÃO 3	OPÇÃO 4	
	(em 13 anos)	tEP	Nº de Árvores	Nº de Hectares	Nº de Árvores	Nº de Hectares	Nº de Árvores	Nº Produtores Beneficiados
BANANA	6.872,0	1.981,5	3.004,0	2,0	2.548,0	3,90	1.646,0	5,0
Café e Cacau	156.234,4	45.049,0	68.299,0	43,0	57.919,0	90,0	34.417,0	105,0
Côco e Dendê	43.703,3	11.946,8	19.105,0	12,0	16.202,0	25,0	10.467,0	29,0
Frutas Cítricas	282.222,0	81.376,5	123.374,0	80,0	104.625,0	162,0	67.590,0	189,0
Frutas de Clima Tropicais	135.658,6	39.141,7	59.343,0	37,0	50.324,0	77,8	32.511,0	91,0
Frutas de Clima Sub-Tropical	313.171,3	90.300,5	136.904,0	85,0	116.099,0	179,0	75.003,0	210,0
Uva, Maracujá e Pimenta do Reino	34.245,6	9.874,5	14.971,0	9,0	12.696,0	19,6	8.202,0	23,0
Extrativismo vegetal (palmeiras)	13.719,7	4.709,5	7.140,0	4,5	6.055,0	9,50	3.912,0	11,0
Extrativismo vegetal (Produtos N- Madeireiros e Madeiras nobres)	30.180,7	10.359,9	15.707,0	10,0	13.320,0	20,6	8.605,0	24,0
SUBTOTAL (Permanentes)	1.016.007,6	294.739,8	447.847,0	280,0	379.786,0	587,4	245.351,0	687,0
CULTIVOS TEMPORÁRIOS (agronegócio)								
	Média das Emissões de CO ₂	Toneladas de Óleos Equivalentes	OPÇÃO 1		OPÇÃO 2	OPÇÃO 3	OPÇÃO 4	
	(em 13 anos)	tEP	Nº de Árvores	Nº de Hectares	Nº de Árvores	Nº de Hectares	Nº de Árvores	Nº Produtores Beneficiados
Algodão (Herbáceo e Arbóreo)	310.668,7	89.578,9	135.810,0	85,0	115.171,0	178,0	74.403	208,0
Cana-de-Açúcar [*]	3.570.142,7	1.029.976,0	1.561.541,0	976,0	1.324.231,0	2.046,6	855.486	2.395,0
SOJA [*]	5.600.914,4	1.615.847,8	2.449.779,0	1.531,0	2.077.482,0	3.210,7	1.342.105	3.582,0
SUBTOTAL (Temporários)	9.481.725,8	2.735.402,7	4.147.130	2.592,0	3.516.884,0	5.435,3	2.271.994	6.185,0
TOTAL	10.497.733,4	3.030.142,5	4.594.977	2.872,0	3.896.670,0	6.022,7	2.517.345	6.872,0

[*] No cálculo das opções para neutralizar as emissões de CO₂ das lavouras de soja e cana-de-açúcar, a compensação pela produção de biodiesel e etanol anidro não foi deduzida dos percentuais de consumo de óleo diesel. Esses temas não fizeram parte dos objetivos desta pesquisa.

TABLE 7: <i>Ranking das Emissões por Tipo de Cultivo Agrícola, em 13 Anos</i>				
CULTIVOS AGRÍCOLAS		MÉDIA DAS EMISSÕES DE CO ₂ (t)	tEP	TIPO
1 (*)	SOJA	5.600.914,4	1.615.847,8	T
2 (*)	Cana-de-Açúcar	3.570.142,7	1.029.976,0	T
3	Frutas de Clima Sub-Tropical	313.171,3	90.300,5	P
4 (*)	Algodão (Herbáceo e Arbóreo)	310.668,7	89.578,9	T
5	Frutas Cítricas	282.222,0	81.376,5	P
6	Café e Cacau	156.234,4	45.049,0	P
7	Frutas de Clima Tropical	135.658,6	39.141,7	P
8	Côco e Dendê	43.703,3	11.946,8	P
9	Uva, Maracujá e Pimenta do Reino	34.245,6	9.874,5	P
10	Extrativismo vegetal (Palmeiras):	30.180,7	10.359,9	P
11	Extrativismo vegetal (Produtos Ñ- Madeireiros e Madeiras nobres	13.719,7	4.709,5	P
12	BANANA	6.872,0	1.981,5	P
TOTAL		10.497.733,4	3.030.142,5	

(*) Cultivos Temporários

5 I CONCLUSÃO

O modelo matemático, em relação ao consumo de óleo diesel e emissão de dióxido de carbono (CO₂), mostra - numericamente e comparativamente - a grande supremacia do cultivo da SOJA, em relação às demais plantas pesquisadas, visto que o uso de maquinário agrícola é muito elevado em todas as etapas do processo de produção. Em vez disso, nas plantações de BANANA, o processo de mecanização é muito baixo, tanto no Brasil quanto nos países do hemisfério sul, e pouco contribui para as emissões deste gás de efeito estufa, pois ainda há uma grande participação do trabalho braçal (energia humana). De acordo com a tabela 6, o cultivo da BANANA, no Brasil, durante 13 anos (2000 a 2012), lançou para a atmosfera, apenas 6,90 mil toneladas de CO₂; enquanto a SOJA 5,60 milhões de toneladas.

Este estudo, s.m.j., incentiva a política de agricultura de baixo carbono (ABC), elaborada pela EMBRAPA - [30][31]). Outrossim, dá subsídios aos debates voltados para a melhoria dos métodos de coleta de dados do setor agroflorestal. Devido a ausência de alguns dados básicos e de perceptíveis inconsistências, muitas inferências precisam ser feitas [32] com o suporte das pesquisas bibliográficas mais amplas. Isto reforça a necessidade de maior recursos e apoio operacional do governo para a urgente adequação das pesquisas de campo, mesmo reconhecendo os esforço dos técnicos do IBGE que participam dos Censos Agropecuários.

Apesar disso, o modelo matemático apresenta uma síntese consistente da produção agrícola brasileira, associada aos levantamentos dos parâmetros determinados pela Ciência Florestal que são adotados nas diferentes regiões do país (Tabelas: 3 e 4). Ele fornece, também, informações relevantes sobre a fixação de carbono em árvores tropicais; bem como, as estimativas a respeito dos ciclos de crescimento das mesmas, as quais serviram de base para as opções de mitigação das emissões de CO₂ sugeridas e podem contribuir para as futuras decisões a serem tomadas no mercado de carbono [31].

Por fim, conclui que caso as propostas de plantios de árvores para sequestro de carbono sejam adotadas e/ou transformadas em políticas públicas, muitos benefícios adicionais seriam, direta ou indiretamente, alcançados:

- Geração de trabalho e renda no meio rural;
- Proteção do solo, água e biodiversidade;
- Melhoria da arborização urbana; e
- Estímulo à implantação de sistemas agroflorestais SAFs, contribuindo para a segurança alimentar de pequenos produtores rurais.

REFERÊNCIAS

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC – PNUMA/OMM). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: The workbook (volume 2). França, 1996.

Portal FNP / AGRIANUAL – Consultoria e Informações em Agronegócio (América do Sul) www.agrianual.com.br - Anuário da Agricultura Brasileira – 2012.

BRASIL - BNDES – “Relatório final do estudo do sistema produtivo do agronegócio - Perspectivas do investimento no Brasil” / coordenador John Wilkinson; equipe Luiz Carlos Oliveira... [et al.] Rio de Janeiro: Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em convênio com o Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 306 p.. 2008/2009.

CONAB - CIA. NACIONAL DE ABASTECIMENTO (2012) + Santana (2010); Pagliarussi, (2010); Silva et al. (2006). + <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-01/brasil-e-goias-lavouras-permanentes.pdf>

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – “Cadeia Produtiva do Algodão” - Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. (Série: Agronegócios; v. 4)

EMBRAPA AGROECOLOGIA – “Mitigação das Emissões de Gases de Efeito Estufa pelo Uso de Etanol da Cana Produzida no Brasil” – Circular Técnica 27 – ISSN 1519-7328 + Revista da EMBRAPA, Ed. Especial – “Agronegócio: Aplicação nas Condições Brasileiras” – abril / 2009 “Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF) – “Panorama da Cadeia Produtiva de Frutas, em 2012 e Projeções para 2020” – Seccional de Brasília – set 2013.

IICA: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura & Fundação Banco do Brasil – Cadernos de Propostas para Atuação em Cadeias Produtivas (banana e outras frutas). Brasília – 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro de Fruticultura & Mandioca / Plano Estratégico 2011-2012.

BRASIL. “A Segurança Alimentar e Nutricional e o Direito Humano à Alimentação no Brasil” - Documento elaborado para a visita ao Brasil do Relator Especial da Comissão de Direitos Humanos da Organização das Nações Unidas sobre Direito à Alimentação. Brasília, março de 2002.

AGROCONSULT (Agro Business Consulting Group). “Crédito Rural para Aquisição de Maquinário Agrícola”. 2011.

VIAN, C. E. F. (ESALQ); ANDRADE JÚNIOR, A. M.. Evolução histórica da indústria de máquinas agrícolas no mundo: origens e tendências. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER, 48. Anais. Campo Grande, MS: [s.n.], 2010.

FREDO, C. E. et. al. “Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas em junho de 2007”. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 3, nº. 3, mar. 2008.

MDA (Ministério do Desenvolvimento Agrário) & DIEESE (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos). “Estatísticas do Meio Rural” - Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural (NEAD). 4ª.ed./ São Paulo: 292p.- ISBN 978-85-60548-84-2 - 2010-2011.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - CENSO AGROPECUÁRIO & Levantamento Sistemático da Produção Agropecuária - IBGE / COPAGRO (2003 - 2012)

IEA (Instituto de Estudos Avançados / USP – Atualização: www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/ie/2013 www.guialog.com.br HTTP://portaldocaminhoneiro.blogspot.com.br/2008/10/consumo-medio-de-caminhoes.html

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Tabelas de Conversão do Balanço Energético Nacional: Ano base 2013 / 288 p. - Rio de Janeiro, 2014 - Disponível em Relatório Final: www.ben.epe.gov.br/download_BEN_2014.pdf

ANP – Agência Nacional de Petróleo. Evolução de Mercado de Combustíveis e Derivados: 2000-2012 (Preços Médios).

AZIZ AB' SÁBER; GOLDEMBERG J.; RODÉS L.; ZULAUF W. – “PROJETO FLORAM”. Instituto de Geografia USP / Instituto de Estudos Avançados - v.4, nº 9, - São Paulo (ISSN 0103-4014 / <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141990000200005> . mai/ago- 1990.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - “Workshop: O Seqüestro de CO₂ e o Custo de Reflorestamento com *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.* no Brasil”. São Paulo, 17/11/1994.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; ZARATE COUTO; H. T. – Crescimento e Produção de Madeira de Eucalipto. In: Revista do IPEF/ESALQ, nº 20, p.77-97, jun. 1980.

MCTI / Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável – “Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono por Mudanças nos Estoques de Florestas Plantadas” (Relatório de Referência). Brasília. 2006

CAVALLET, L. E.; PAULA, E. V - Estimativa de Seqüestro de Carbono da Biomassa Aérea como Indicador de Sustentabilidade em Decorência da Adequação da Área de Preservação Permanente na Sub-bacia do Rio Pequeno – Antonina / PR. Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Paraná. UNESPAR/FAFIPAR. – Curitiba, 2007.

TIEPOLO, G.; CALMON, M.; FERRETTI, A. R. - “*Measuring and Monitoring Carbon Stocks at the Guaraqueçaba Climate Action Project, Paraná, Brazil*”. Extension Series nº 153 (p 98 – 115) In: Taiwan Forestry Research Institute. International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring. 2002.

VALE, R. S.; COUTO L.; VALE, F. A. F; Silva, P. T. S.; Costa N. R. – Análise da Produtividade de Sistemas Agroflorestais com Eucalipto na Zona da Mata de Minas Gerais. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Universidade Federal da Grande Dourados “Sistemas agroflorestais: potencial para sequestro de carbono e produção de outros serviços ambientais” Wolf R, Barbosa FRG, SILVA LF, Padovan MP. In: 4º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul; 2012

CHANG M. – “Caracterização e Tipologia dos Projetos de Seqüestro de Carbono no Brasil”. In: Seminário “*As Florestas e o Carbono*” - Sanquetta, C. R.; Watzlawick, L.; Balbinot, R.; Ziliotto, M. A. B.; Gomes, F. S., editores – Curitiba, Brasil: 265, p. 2002.

LA ROVERE, E. L., Coord. - Balanço das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro. PE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2007.

SÉRVULO AQUINO L. C.; VIEIRA H. M.; Rosa T. S.; Mendes, L. T.; “*Fixación del Carbon en el Estado de Rio de Janeiro (Brasil): subsídios para el inventario temporal de biomasa del bosque*”. In: Conferência Internacional de Meio Ambiente e Desenvolvimento. Havana, Cuba, 2009 (servulo.aquino@gmail.com).

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA / ACS) “Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidar uma Economia de Baixo Carbono - Projeto ABC”. Brasília (DF) Brasil; 2012. 173p. ISBN 978-85-7991-062-0

GUT, F. – “O Mercado e o Seqüestro do Carbono”. Revista SILVICULTURA. V. R. Comunicações Ltda. 19 (*75*): 42-48. São Paulo, 1998.

Inferências técnicas baseadas em pesquisas bibliográficas diversas (ausência ou inconsistências de dados primários).

ANEXO I

LISTA DOS PRINCIPAIS PRODUTOS DO EXTRATIVISMO NO BRASIL



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA).

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Carlos Nieto Ramos

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Departamento de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Puerto Maldonado, Perú.
<https://orcid.org/0000-0001-6317-7717>

Jorge Garate-Quispe

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Institutos de Investigación, Vicerrectorado de Investigación, Puerto Maldonado, Perú.
<https://orcid.org/0000-0002-7494-2274>

RESUMEN: El objetivo del presente estudio fue de Cuantificar el valor económico del potencial forestal en 4 concesiones mineras de la cuenca del río Madre de Dios. En cada concesión se estableció una parcela de 100 m x 10 m (0.1 ha) y se evaluaron todos los individuos con un diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm (DAP > 10 cm). Para la valorización del potencial forestal de las áreas evaluadas se utilizará el valor al estado natural (VEN) de la madera de rolliza (soles/m³), de todos los individuos y especies que se registrarán en los inventarios, de acuerdo a la “resolución de dirección de dirección ejecutiva N° 241-2016-SERFOR-DE”, que indica el valor comercial de la madera al estado natural en nuevos soles por metro cubico”. La riqueza de especies (7-22 especies) encontradas fue inferior al reportado en otros en Madre de Dios. Se calculó que el valor de la madera al estado natural oscila

entre S/. 216/ha y S/. 1305/ha. Las diferencias en los valores al estado natural de la madera entre las concesiones estudiadas están influenciadas por la presencia de algunas especies con un elevado valor económico (categorías B y C) y al elevado grado de extracción maderera en la que tienen valores más bajos.

PALABRAS CLAVE: Riqueza de especies, valor al estado natural, madera.

ECONOMIC VALUATION OF FORESTRY POTENTIAL IN MINING CONCESSIONS IN THE SOUTHERN PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT: The objective of this study was to quantify the economic value of forest potential in 4 mining concessions of the Madre de Dios basin. In each concession, a plot of 100 m x 10 m (0.1 ha) was established, and all individuals with a diameter at breast height greater than 10 cm (DBH > 10 cm) were evaluated. For the valorization of the forest potential of the evaluated areas, the value to the natural state (VEN) of the round wood (soles / m³), of all the individuals and species that will be registered in the inventories, will be used, according to the “resolution executive direction address No. 241-2016-SERFOR-DE “, which indicates the commercial value of wood to natural state in new soles per cubic meter”. The species richness (7-22 species) found was lower than that reported in others in Madre de Dios. It was calculated that the value of wood to the natural state ranges from 216 soles/ha and 1305 soles/ha. The differences in the values to the natural state of the wood between the concessions studied are influenced by the presence of some species with a high economic value (categories B

and C) and the high degree of logging in which they have lower values.

KEYWORDS: Species richness, value to the natural state, wood.

1 | INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales de la Amazonía son como uno de los más biodiversos del planeta, debido a que alberga una enorme riqueza de especies y recursos genéticos. Estos bosques brindan servicios ambientales de suma importancia a escala global, como la conservación de suelos y captura y proceso de CO₂ (CAYUELA e GRANZOW, 2012; WRIGHT, 2010). Por otro lado, se tiene conocimiento que más del 30% de sus especies son endémicas, con ecosistemas bastante frágiles, que vienen siendo sometidos por años a actividades degradantes, como son: la extracción de madera, la minería y ampliación de la frontera agropecuaria (GOREMAD-IIAP, 2008).

Un interesante enfoque basado en los servicios ecosistémicos es el uso de técnicas de valoración económica, el cual cuantifica los servicios que proveen los ecosistemas en valores monetarios (RESENDE et al., 2017), Aunque suene complicado asignarle un valor monetario a bienes y servicios que provee la naturaleza (LEÓN, 2007). El término “valoración económica” surgió a partir de la premisa de compensación de los daños socio-ambientales, utilizando instrumentos de gestión ambiental adecuados, además de estar promocionado por el programa de “adaptación al Cambio Climático de la Organización de las Naciones Unidas” (LEÓN, 2007).

Según Recavarren, Delgado, Angulo, León, y Castro (2011), está proyectado que para el año 2030 un aproximado de 994 910 ha hayan sido deforestadas. Siendo el incremento poblacional, carretera interoceánica y la minería los principales agentes. Asimismo, el incremento poblacional generará una mayor presión por bienes y servicios, ocasionando mayores tasas de deforestación (disminución de sumideros de carbono).

Por otro lado, se tiene conocimiento que la actividad minera aurífera en la región Madre de Dios está afectando severamente en todos los componentes de los ecosistemas forestales, como flora, fauna, suelo, servicios ecosistémicos, alterando la topografía e hidrología. Esto genera un cambio en la condición primaria de los bosques tropicales de Madre de Dios, debido a que estos también generan cambios importantes en la estructura edáfica por el uso de maquinaria pesada, que ocasiona la compactación de los suelos (BARRERA-CATAÑO e VALDÉS-LÓPEZ, 2007).

Asimismo, se tiene conocimiento que, en las concesiones mineras del departamento de Madre de Dios, existe insuficiente información acerca de la composición florística, estructura horizontal y el valor económico de las especies maderables, lo cual dificulta su manejo y aprovechamiento sostenible. La importancia de realizar la presente investigación se fundamenta en que: (1) servirá de ejemplo en la valoración económica de estos ecosistemas. (2) una vez cuantificado el valor económico de las especies forestales se

podría establecer políticas de estado que permita al concesionario minero realizar un pago por derecho de aprovechamiento de estas especies forestales de importancia económica.

Por otro lado, el estado peruano ha identificado a los factores sociales, económicos e institucionales como fuente de degradación de los ecosistemas boscosos del país. Asimismo, el estado como estrategia prioriza el fomento del aprovechamiento sostenible y conservación de los recursos forestales y de fauna silvestre, debido a su potencial contribución a la inclusión a la economía peruana y a la adaptación y mitigación del cambio climático. En este sentido, el estado peruano mediante un sistema de áreas naturales protegidas, comunidades nativas y áreas destinadas a producción forestal contribuyen en la conservación y sostenibilidad de los bosques.

Sin embargo, se tiene identificado una debilidad regional y estatal en lo referido al ordenamiento territorial, debilidad en el cumplimiento legislativo y falta de coordinación entre diferentes entidades estatales. En este contexto, se entorpece la aplicación de instrumentos de control sobre los factores socioeconómicos que degradan los bosques de Madre de Dios. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el valor económico del potencial forestal que poseen los bosques comprendidos en 4 concesiones mineras de la cuenca del río Madre de Dios (Perú), otorgados por el estado peruano con fines de explotación de minerales no metálicos. Debido a que, estos bosques están siendo aprovechados sin contar con la información sobre su composición florística, diversidad arbórea y su importancia económica.

2 | MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en 4 concesiones mineras de la cuenca de Madre de Dios, en la Amazonia sur del Perú (Figura 1).

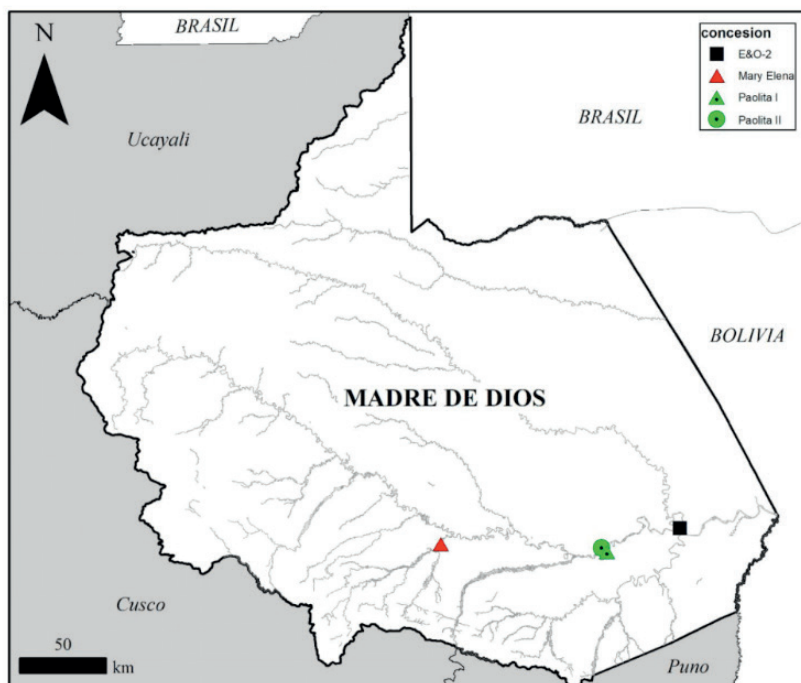


Figura 1. Ubicación de las 4 concesiones mineras evaluadas en el presente estudio.

Inventario de especies arbóreas en las concesiones mineras

Para el inventario de las especies arbóreas se utilizará una parcela de 100 m x 10 m (0.1 ha), en la que se registrará a todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm (DAP > 10 cm). Utilizando un formato de campo se registrará la especie, nombre común, DAP y altura; de cada uno de los individuos registrados durante el inventario.

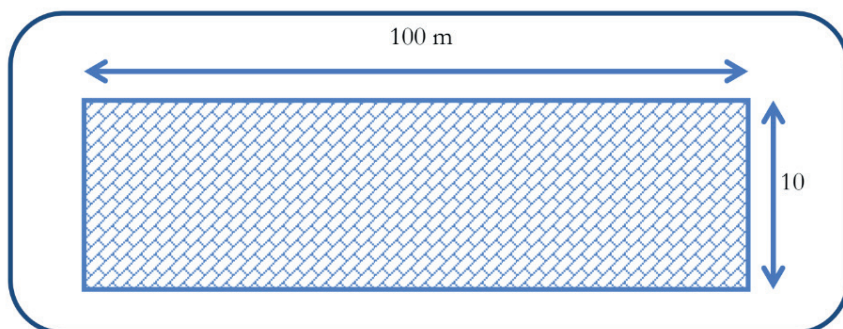


Figura 2. Diseño de la parcela utilizada para la evaluación del potencial forestal de 4 concesiones mineras en Madre de Dios.

El área basal de cada árbol se obtendrá mediante la fórmula 1:

$$AB = \pi * \frac{(D)^2}{4} \quad [1]$$

Dónde:

AB = Área Basal del árbol (m²)

π = 3.1416 (Constante)

D = Diámetro.

El volumen de cada árbol, para estimar el potencial forestal maderable, se obtendrá mediante la fórmula 2:

$$V = AB * Hf * Ff \quad [2]$$

Donde:

V = Volumen del árbol (m³)

AB = Área Basal (m²)

Hf = Altura de fuste (m), distancia desde la base del árbol hasta el inicio de la primera ramificación.

Ff = Factor de forma (0.65) para bosques tropicales.

Con la finalidad de calcular los volúmenes maderables en el área implicada, se evaluará cada una de ellas, determinando sus áreas. x

Valoración del potencial forestal del bosque

Para la valorización del potencial forestal de las áreas evaluadas se utilizará el valor al estado natural (VEN) de la madera de rolliza (soles/m³), de todos los individuos y especies que se registrarán en los inventarios, de acuerdo a la “resolución de dirección de dirección ejecutiva N° 241-2016-SERFOR-DE”, que indica el valor comercial de la madera al estado natural en nuevos soles por metro cubico” según especie (Tabla 1).

Categoría	VEN S/. / m³(r)	Denominación
A	55	Altamente valiosas
B	12	Valiosas
C	6	Intermedias
D	4	Potenciales
E	2	Otras especies (Valor económico futuro)

Tabla 1. Categorización del valor de la madera al estado natural de acuerdo a la Resolución N° 241-2016-SERFOR-DE. VEN = Valores al Estado Natural de la Madera.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de especies según concesión

En las Tablas 2-5 se muestra el listado de especies y el volumen aportado por cada especie en el presente estudio. En las concesiones “Mary Elena Erica” y “Paolita II” se encontró la mayor riqueza de especies, con 22 y 20 especies, respectivamente. Mientras que en las concesiones “E&O-2” y “Paolita I” se registró una menor riqueza de especies, con 10 y 7 especies, respectivamente. Sin embargo, la riqueza de especies encontrada es inferior al reportado para Madre de Dios por otros estudios (DUEÑAS e GARATE, 2018; FAUSET et al., 2015; PITMAN et al., 2003; TER STEEGE et al., 2013).

Considerando las 4 concesiones, *Ficus insipida* (Paolita I; 155,3 m³/ha) fue la especie con mayor aporte en volumen (Tabla 2), seguida por *Sapium marmieri* (Paolita I; 56,6 m³/ha) y *Brosimum lactescens* (Paolita II; 48.9 m³/ha).

En “Mary Elena Erica”, las especies con mayor aporte en volumen fueron las pioneras *Acacia loretensis* y *Ochroma pyramidale* (Tabla 1). En las concesiones “E&O-2” y “Paolita I”, las especies con mayor aporte en volumen fueron *Ficus insipida* y *Sapium marmieri*, seguido por las pioneras *Erythrina poeppigiana*, *Ochroma pyramidale* y *Cecropia membranacea* (Tabla 1,2). Mientras que en Paolita II, las especies con mayor aporte en volumen fueron *Brosimum lactescens*, *Ceiba pentandra* y *Calycophyllum spruceanum*.

Especie	Volumen (m ³ /ha)
<i>Acacia loretensis</i>	20.8
<i>Ochroma pyramidale</i>	14.8
<i>Ficus insipida</i>	11.5
<i>Erythrina ulei</i>	8.2
<i>Sapium marmieri</i>	2.0
<i>Cecropia membranacea</i>	1.2
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0.9
<i>Cordia alliodora</i>	0.9
<i>Terminalia oblonga</i>	0.9
<i>Otoba parvifolia</i>	0.8
<i>Machaerium sp</i>	0.8
<i>Iriartea deltoidea</i>	0.7
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i>	0.6
<i>Mabea nitida</i>	0.6
<i>Dendropanax arboreus</i>	0.6
<i>Pseudolmedia laevis</i>	0.6
<i>Bixa excelsa</i>	0.5

<i>Urera caracasana</i>	0.5
<i>Virola calophylla</i>	0.4
<i>Casearia pitumba</i>	0.4
<i>Psychotria sp</i>	0.4
<i>Tabernaemontana cymosa</i>	0.4

Tabla 2. Volumen (m³/ha) de las especies registradas en la evaluación de la concesión “Maria Elena Erica”

Especie	Volumen (m ³ /ha)
<i>Ficus insipida</i>	42.5
<i>Erythrina poeppigiana</i>	28.3
<i>Ochroma pyramidale</i>	24.1
<i>Cecropia membranacea</i>	22.2
<i>Cordia alliodora</i>	18.6
<i>Schizolobium parahyba</i>	10.6
<i>Sapium marmierii</i>	3.1
<i>Muntingia calabura</i>	1.6
<i>Trema micrantha</i>	0.9
<i>Heliocarpus americanus</i>	0.3

Tabla 3. Volumen (m³/ha) de las especies registradas en la evaluación de la concesión “E&O-2”

Especie	Volumen (m ³ /ha)
<i>Ficus insipida</i>	155.3
<i>Sapium marmieri</i>	59.6
<i>Cecropia membranacea</i>	22.1
<i>Inga oerstediana</i>	19.6
<i>Guazuma crinita</i>	15.4
<i>Acacia loretensis</i>	15.1
<i>Jacaratia digitata</i>	7.9

Tabla 4. Volumen (m³/ha) de las especies registradas en la evaluación de la concesión “Paolita I”

Especie	Volumen (m ³ /ha)
<i>Brosimum lactescens</i>	48.9
<i>Ceiba pentandra</i>	32.5
<i>Calycophyllum spruceanum</i>	27.7
<i>Spondias mombin</i>	17.8
<i>Tapura juruana</i>	13.9
<i>Dipteryx micrantha</i>	13.4
<i>Terminalia oblonga</i>	11.9

<i>Sloanea guianensis</i>	11.3
<i>Brosimum alicastrum</i>	11.1
<i>Pouteria ephedrantha</i>	9.9
<i>Pseudolmedia laevis</i>	7.3
<i>Ficus yoponensis</i>	5.6
<i>Pouteria krukovii</i>	5.2
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	4.8
<i>Luehea cymulosa</i>	3.8
<i>Zanthoxylum juniperinum</i>	3.6
<i>Trichilia adolfii</i>	3.6
<i>Apeiba membranacea</i>	1.3
<i>Sapium marmieri</i>	0.8
<i>Guazuma crinita</i>	0.2

Tabla 5. Volumen (m3/ha) de las especies registradas en la evaluación de la concesión “Paolita II”

Valoración económica de las especies comerciales en 4 concesiones mineras de la cuenca del río Madre de Dios

En la Figura 1 se observa los valores al estado natural de la madera estimado de acuerdo a la Resolución N° 241-2016-SERFOR-DE. Se encontró un menor valor al estado natural de la madera en “Mary Elena Erica” (S/. 216) y “E&O-2” (S/. 597), mientras que “Paolita II” (S/. 1305) obtuvo la mejor valoración de la madera al estado natural.

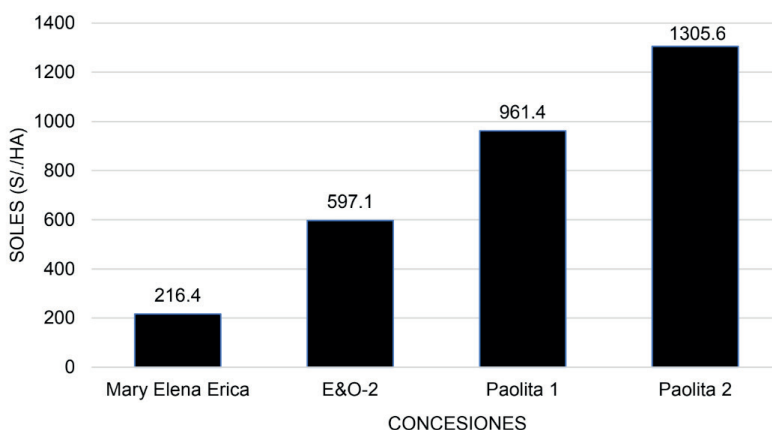


Figura 3. Valor al estado natural de la madera de especies forestales en 4 concesiones mineras de Madre de Dios.

Valor al estado natural de la madera (soles/ha) por especie

En la concesión Mary Elena Erica, las especies con mayor valor natural fueron *Acacia loretensis* (38.4 %) y *Ficus insípida* (21.3 %); seguido por algunas especies pioneras como *Ochroma pyramidale* y *Erythrina ulei*. Asimismo, las 5 especies con mayor valor de la madera al estado natural representaron el 85.8% (Tabla 6).

Rank	Especie	Categoría	VEN (Soles S/. /ha)	%
1	<i>Acacia loretensis</i>	D	83.08	38.4%
2	<i>Ficus insípida</i>	D	46.12	21.3%
3	<i>Ochroma pyramidale</i>	E	29.52	13.6%
4	<i>Erythrina ulei</i>	E	16.46	7.6%
5	<i>Cordia alliodora</i>	B	10.56	4.9%
		Otras	30.66	14.2%

Tabla 6. Las 5 especies con mayor valoración de la madera al estado natural (VEN) en la concesión minera Mary Elena Erica.

En la concesión E&O-2, las especies con mayor valor natural fueron *Cordia alliodora* (37.5 %) y *Ficus insípida* (28.4 %); seguido por algunas especies pioneras como *Ochroma pyramidale* y *Erythrina poeppigiana*. Asimismo, las 5 especies con mayor valor de la madera al estado natural representaron el 90.9% (Tabla 7).

Rank	Especie	Categoría	VEN	%
1	<i>Cordia alliodora</i>	B	223.7	37.5%
2	<i>Ficus insípida</i>	D	169.9	28.4%
3	<i>Erythrina poeppigiana</i>	E	56.7	9.5%
4	<i>Ochroma pyramidale</i>	E	48.2	8.1%
5	<i>Cecropia membranacea</i>	E	44.4	7.4%
		Otras	54.3	9.1%

Tabla 7. Las 5 especies con mayor valoración de la madera al estado natural (VEN) en la concesión minera E&O-2.

En la concesión Paolita I, las especies con mayor valor natural fueron *Ficus insipida* (64.6 %) y *Sapium marmieri* (12.4 %); seguido por algunas especies pioneras como *Cecropia membranacea*. Asimismo, las 5 especies con mayor valor de la madera al estado natural representaron el 94.3 % (Tabla 8).

Rank	Etiquetas de fila	Categoría	VEN	%
1	<i>Ficus insipida</i>	D	621.0	64.6%
2	<i>Sapium marmieri</i>	E	119.2	12.4%
3	<i>Guazuma crinita</i>	D	61.5	6.4%
4	<i>Acacia loretensis</i>	D	60.5	6.3%
5	<i>Cecropia membranacea</i>	E	44.2	4.6%
		Total	55.1	5.7%

Tabla 8. Las 5 especies con mayor valoración de la madera al estado natural (VEN) en la concesión minera Paolita I.

En la concesión Paolita II, las especies con mayor valor natural fueron *Calycophyllum spruceanum* (25.4 %), *Brosimum lactescens* (22.5 %) y *Dipteryx micrantha* (12.3 %); resultados similares fueron encontrados por Perez (2013). Asimismo, las 5 especies con mayor valor de la madera al estado natural representaron el 75.4 % (Tabla 9).

Rank	Etiquetas de fila	Categoría	valor	%
1	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	B	332.1	25.4%
2	<i>Brosimum lactescens</i>	C	293.6	22.5%
3	<i>Dipteryx micrantha</i>	B	161.1	12.3%
4	<i>Ceiba pentandra</i>	D	129.9	9.9%
5	<i>Sloanea guianensis</i>	C	67.5	5.2%
			321.5	24.6%

Tabla 9. Las 5 especies con mayor valoración de la madera al estado natural (VEN) en la concesión minera Paolita II.

Proporción de especies según categorización del Valor al estado natural de la madera (soles/ha)

En el presente estudio, no encontramos especies consideradas altamente valiosas (Categoría A) (Tabla 10). En las 4 concesiones se encontró diferencias en la proporción de

especies, según la categorización del valor de la madera al estado natural. Así, la mayor proporción de especies categorizadas como Valiosas e Intermedias (categorías B y C) se encontró en la “Paolita II” (Tabla 10). Mientras que en “Mary Elena Erica” se encontró una menor proporción de especies valiosas. Sin embargo, no se encontró especies categorizadas como Intermedias y Valiosas en “Paolita I”, asimismo, en “E&O-2” no se encontró especies categorizadas como Intermedias. Por otro lado, las especies categorizadas como “otras especies” con un valor económico futuros fueron encontrada en la mayor proporción en las concesiones “Mary Elena Erica” y “E&O-2” (Tabla 10). Diferentes resultados fueron encontrados por (AREVALO, 2015; PEREZ, 2013).

Categoría	Denominación	Mary Elena Erica	E&O-2	Paolita 1	Paolita 2
A	Altamente valiosas	-	-	-	-
B	Valiosas	5%	10%	-	15%
C	Intermedias	9%	-	-	38%
D	Potenciales	14%	20%	43%	38%
E	Otras especies (Valor económico futuro)	73%	70%	57%	62%

Tabla 10. Proporción de especies según categoría en las 4 concesiones evaluadas.

CONCLUSIONES

Los valores de la madera al estado natural en las concesiones mineras estudiadas oscilaron entre S/ 216/ha y S/ 1305/ha. Las diferencias en los valores al estado natural de la madera entre las concesiones estudiadas están influenciadas por la presencia de algunas especies con un elevado valor económico (categorías B y C). La riqueza de especies fue inferior al reportado por otros estudios en Madre de Dios.

REFERENCIAS

AREVALO, Lucila. **Potencial forestal y valoración económica de las especies maderables comerciales en un bosque natural de la comunidad nativa Santa Emilio, río Nahuapa, Loreto - Perú.** 2015. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2015.

BARRERA-CATAÑO, J. e VALDÉS-LÓPEZ, C. **Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia.** Universitas Scientiarum, v. 12, p. 11-24, 2007. Disponible em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49901206>>.

CAYUELA, L e GRANZOW, L. **Biodiversidad y conservación de bosques neotropicales.** Ecosistemas, v. 21, n. 1, p. 1-5, 2012. Disponible em: <<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=725>>.

DUEÑAS, H. e GARATE, J. **Diversidad , dominancia y distribución arbórea en Madre de Dios , Perú.** Revista Forestal del Perú, v. 33, n. 1, p. 4-23, 2018.

FAUSET, S. et al. **Hyperdominance in Amazonian forest carbon cycling.** Nature communications, v. 6, p. 6857, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/ncomms7857>>
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26111111>>

GOREMAD-IIAP. **Macro Zonificación Ecológica Económica del Departamento de Madre de Dios.** Puerto Maldonado (Perú): (Gobierno Regional de Madre de Dios e Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, 2008.

LEÓN, F. **El aporte de la Áreas Naturales Protegidas a la Economía Nacional.** Primera ed ed. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2007. Disponível em: <http://nulan.mdp.edu.ar/1541/1/serrano_sg.pdf>
<<http://www.redalyc.org/pdf/276/27610203.pdf>>
<<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3093632&orden=228643&info=link>>
<<http://hdl.handle.net/10495/1>>

PEREZ, Teddy. **Valoración económica de las especies forestales aprovechadas como madera moto aserrada y bloques para tabillas en un bosque humedo tropical de los alrededores de la desembocadura del rio Algodón, cuenca del Putumayo, Perú, 2012.** 2013. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2013.

PITMAN, Nigel C.A. et al. Los árboles de la cuenca del Río Alto Purús. PITMAN, N. C. A.; ALVAREZ, P. (Eds.). . Alto Purús: Biodiversidad, conservación y manejo. Lima, Perú: . Center for Tropical Conservation, Duke University, 2003. p. 53-61.

RECAVARREN, P. et al. **Proyecto REDD en Áreas naturales protegidas de Madre de Dios. Insumos para la elaboración de la línea base de carbono.** Lima: Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral—AIDER., 2011.

RESENDE, F.M.; et al. **Economic valuation of the ecosystem services provided by a protected area in the Brazilian Cerrado: application of the contingent valuation method.** Braz. J. Biol, v. 1, n. 4, p. 762-773, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.21215>>.

TER STEEGE, H. et al. **Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora.** Science, v. 342, n. 6156, p. 1243092-1243092, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1243092>>.

WRIGHT, S. Joseph. **The future of tropical forests.** Annals of the New York Academy of Sciences. [S.l.: s.n.], 2010

UMA ANÁLISE SOBRE DINÂMICA POPULACIONAL E SURTO DE INSETOS-PRAGA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 09/05/2021

José Carlos Corrêa da Silva Junior

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM,
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Florestal - PPGEF, Santa Maria - RS
<https://orcid.org/0000-0002-9417-0558>

Luana Camila Capitani

Universidade Federal de Santa Maria - UFSM,
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Florestal - PPGEF, Santa Maria - RS
<https://orcid.org/0000-0001-8751-5717>

RESUMO: A ocorrência e dinâmica populacional de insetos nos ecossistemas, tende a se manter em níveis estáveis, com pequenas flutuações constantes. Fatores endógenos (e.g., migração/imigração, estresse, interações sociais, *pool* genético) e/ou exógenos (e.g., alimento, espaço, inimigos naturais, clima), no entanto, podem proporcionar o aumento pontual e explosivo na abundância de insetos e levar a surtos populacionais. Todavia, um surto populacional nem sempre representa um problema ecológico. A variação temporal e espacial em um recurso ou fator pode induzir um aumento exponencial de uma população, como resposta direta ao aumento na oferta. Devemos, portanto, compreender a concepção de diferentes ambientes em sua complexidade ecológica. Em áreas conservadas, a resiliência do ecossistema será capaz de sobrepor o potencial de dano de um surto

e retornar ao estado de equilíbrio, ou gerar um novo. Já áreas degradadas condicionam maior vulnerabilidade à ocorrência de surtos, com modificações significativas na riqueza e estrutura das comunidades de insetos locais. Os monocultivos são ainda mais favoráveis à existência de episódios de surtos, em função da concentração de uma única espécie vegetal e do manejo intensificado. A necessidade de controle dos surtos será dependente da composição, estrutura e do potencial de resposta ecológica dos ecossistemas naturais e plantados, e dos possíveis níveis de danos econômicos e ecológicos, considerando sempre a manutenção do equilíbrio dinâmico e não a erradicação do inseto-praga.

PALAVRAS - CHAVE: espécie-praga, surto populacional, complexidade ecológica, análise sistêmica.

AN ANALYSIS ON POPULATION DYNAMICS AND PEST INSECTS OUTBREAK

ABSTRACT: The occurrence and population dynamics of insects in ecosystems tend to remain at stable levels, with small constant fluctuations. Endogenous (e.g., migration/immigration, stress, social interactions, gene pool) and/or exogenous (e.g., food, space, natural enemies, climate) factors, however, can provide a punctual and explosive increase in the abundance of insects and lead population outbreaks. However, population outbreaks not always represent an ecological problem. The temporal and spatial variation in a resource or factor can induce an

exponential increase in a population, as a direct response to the increase in supply. We must, therefore, understand the design of different environments in their ecological complexity. In conserved areas, the ecosystem's resilience will be able to overcome the damage potential of an outbreak and return to equilibrium or generate a new one. Degraded areas, on the other hand, conditioning greater vulnerability to the occurrence of outbreaks, with significant changes in the richness and structure of local insect communities. Monocultures are even more favorable to the existence of episodes of outbreaks, due to the concentration of a single plant species and intensified management. The need to control outbreaks will depend on the composition, structure, and potential for ecological response of natural and planted ecosystems, and the possible levels of economic and ecological damage, always considering the maintenance of dynamic balance and not the eradication of the insect pest.

KEYWORDS: pest species, populational outbreaks, ecological complexity, systemic analysis.

1 | INTRODUÇÃO

Quando se fala na relação inseto-planta, uma das primeiras concepções que emergem é a existência de “pragas”, muito em função dos cultivos produtivos humanos, que abordam a ocorrência de determinados insetos como um problema a ser resolvido. Coevolutivamente, o estudo e manejo de pragas construiu-se como um subconjunto da história da agricultura e, mais recentemente, da silvicultura (DENT, 2000). De forma que muitos dos atuais problemas no controle de flutuações explosivas nas dinâmicas populacionais de insetos, são oriundos de ações falhas do passado, tanto para proteção dos cultivos, quanto para aumento da produtividade (WAAGE, 1993).

A intensificação da agricultura e da silvicultura trouxeram novos e maiores problemas relacionados aos surtos de insetos-praga (DENT, 2000). Alterações na dinâmica, estrutura e composição das populações naturais de insetos, no entanto, sempre existiram. E talvez esteja na análise e compreensão destes mecanismos naturais, a chave para a solução de problemas futuros na produtividade e conservação dos sistemas naturais e agroecossistemas.

Dada a importância do assunto, apresentamos uma breve revisão, elucidando fatores fundamentais sobre a dinâmica populacional e os surtos em insetos-praga: I) como é, em geral, a dinâmica populacional em insetos; II) o que são surtos e quais as suas causas; III) qual o impacto dos surtos nos diferentes ambientes e IV) quando é necessário intervenção.

2 | METODOLOGIA

O presente trabalho consiste numa revisão sobre dinâmica populacional e surtos de insetos-praga, com base no livro Entomologia Florestal, de autoria de Costa et al. (2014), e na literatura disponível na Plataforma Google Scholar, acessada em dezembro de 2018, tendo como termos de busca as palavras: “dinâmica populacional”, “surto” e “insetos-praga”.

3 | DESENVOLVIMENTO

3.1 Dinâmica populacional em insetos

Todos os fatores que afetam a densidade populacional, a composição e a estrutura dos ecossistemas atuam de maneira a regular comunidades e populações dentro de limites estreitos de densidade e equilíbrio de espécies (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011). A tendência nos ecossistemas é que as populações se mantenham em níveis estáveis (RIBEIRO; PAGOTTO, 2011), em busca de um equilíbrio, mas com pequenas flutuações constantes. Esse equilíbrio, portanto, não é invariável, e nem permanece em um grau de entropia crescente (CAPRA; LUISI, 2014). Da mesma forma constitui-se a dinâmica populacional em insetos. O número de indivíduos é determinado, em primeiro lugar, pelo tamanho da comunidade, enquanto sua densidade é controlada por fatores endógenos e exógenos (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011).

Como fatores exógenos destacam-se o alimento, o espaço, a existência de inimigos naturais (fatores dependentes da densidade) e o clima (fator independente da densidade) (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011). Já os fatores endógenos são, em sua totalidade, dependentes da densidade, e representam respostas intrínsecas das espécies e/ou indivíduos aos diferentes níveis de interação (migração/ imigração, aumento do estresse, interações sociais, *pool* genético, etc.) (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011). Cabe ressaltar que, na prática, os fatores atuam de maneira conjunta, em um rearranjo complexo de caracteres, que impedem o isolamento de um fator como causa das alterações na dinâmica populacional, e dificultam a previsão e interpretação dos seus efeitos. É, contudo, em resposta a estes fatores que a seleção natural atuará como elemento determinante da viabilidade das populações, exigindo a manutenção dos nichos ecológicos para a expressão do potencial biótico das espécies e para sua manutenção em níveis relativamente estáveis (RIBEIRO; PAGOTTO, 2011).

3.2 O que são surtos populacionais em insetos? O que causa um surto?

Para Costa et al. (2014), os surtos populacionais correspondem a um aumento inusitado, pontual e explosivo na abundância das populações de insetos. Podem ser classificados em: **eruptivos** — quando apresentam alta densidade populacional, com manutenção espacial e temporal; **gradientes** — quando dependem de eventos extremos, tanto endógenos quanto exógenos; e **comportamento temporal** — quando ocorrem periodicamente, sendo dependentes da dinâmica populacional de inimigos e hospedeiros (COSTA et al., 2014). Essa definição de surto, vinculada diretamente ao espaço-tempo, é especialmente importante para evitar caracterizações ou diagnósticos errôneos. O aumento populacional gradual, ao longo de um prolongado espaço de tempo, apesar de comum em grupos e espécies de insetos, não significa o surgimento de um surto, mas sim um rearranjo, readaptação comportamental, uma resposta fisio-genética às alterações de

nicho, ou ainda, o processo de equilíbrio dinâmico em ação (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011; CAPRA, 2014; BARKER et al., 2017).

Em alguns modelos, os surtos só são possíveis na existência de um antagonista especializado (modelo hospedeiro/ patógeno) (DWYER et al., 2004). Ou só ocorrem quando os predadores generalistas falham (modelo generalista/ predador) (DWYER et al., 2004). Nenhum destes, no entanto, é suficiente para, por si só, caracterizar o comportamento episódico de surto (DWYER et al., 2004). Para compreender como é possível a existência destes surtos, é fundamental elucidar aspectos eco/fisiológicos da vida de um inseto. Em geral, os insetos possuem uma admirável capacidade reprodutiva, competitiva e eficiente. O número de indivíduos viáveis produzidos a cada geração é dependente, essencialmente, de três fatores: do número de ovos férteis depositados pela fêmea, da duração de uma geração (tempo de vida) e da proporção de fêmeas (para produção da próxima geração) (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011).

A alta capacidade reprodutiva, somada a fatores comportamentais, fisiológicos e ambientais favoráveis, permitem que, dentro da zona limiar, populações aumentem exponencialmente de tamanho e possam vir a causar danos econômicos e ecológicos (DENT, 2000). O conhecimento dos fatores que influenciam a dinâmica populacional em insetos é fundamental para prever surtos, com destaque para fatores críticos como o ambiente e os critérios de seleção do hospedeiro (MOUSSALEM; SANTOS-SILVA, 2007). As inúmeras modificações que um inseto pode sofrer ao longo de um ciclo de vida (em aspecto: ovo, pupa, larva, adulto; em hábitos alimentares: consumo de folhas, caules, raízes, flores, frutas; em comportamento: com resposta a estímulos ambientais, estado interno, tipo de experiência) (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011), também contribuem para a possibilidade de surtos. E a condensação da fase predadora no tempo e espaço facilita o surgimento de surtos associados ao momento de vida.

Os surtos podem ser causados, portanto, em decorrência de transformações no ambiente físico e biótico, como alterações no uso do solo, eventos meteorológicos extremos, degradação dos ecossistemas, alterações e mutações genéticas (naturais ou não), interações tróficas mutualistas ou antagonistas, mudanças quali e quantitativas na estrutura, composição e dinâmica do ecossistema, redução drástica da população de algum agente da cadeia trófica, entre outras (COSTA et al., 2014).

3.3 Qual o impacto ecológico dos surtos? Até que ponto um surto de insetos é um problema ecológico?

A destruição dos nichos ecológicos decorre na quebra de cadeias tróficas, principalmente em decorrência da perda de espécies e consequente simplificação dos ecossistemas. Apesar disso, surtos de espécies-praga não são pressupostos da simplificação dos ecossistemas, apesar de mais prováveis neles (NAIR, 2007; WHYLE; SPEIGHT, 2012). A monocultura, ou dominância ecológica, também é frequente em

ecossistemas naturais, onde os mecanismos operam dentro do equilíbrio esperado. E surtos ecológicos também são descritos em áreas teoricamente complexas, biodiversas e em bom estado de conservação (DENT, 2000).

Borges et al. (2003), analisando flutuações populacionais de insetos em diferentes sistemas de cultivo de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil., concluíram que as flutuações associadas aos insetos com potencial predador estão presentes mesmo no sistema de cultivo nativo, em áreas em bom estado de conservação. Barbosa et al. (2012), Bjorkam e Niemela (2015), também demonstraram que, em sistemas florestais, surtos cíclicos de pragas ocorreriam associados às mudanças naturais na condição fisiológica do hospedeiro, tendo o clima como fator preponderante.

Dessa forma, um surto populacional nem sempre representa um problema ecológico. A própria variação temporal e espacial em um determinado recurso ou de um fator pode ser indutora de um aumento exponencial de uma população, como reposta interativa direta ao aumento na oferta. Entender como essas interações são capazes de gerar mudanças significativas na abundância, composição ou estrutura das espécies tem sido, justamente, um dos principais objetivos da bioecologia nos últimos séculos (BRONSTEIN et al., 2003).

Calore et al. (2013), ao analisarem pomares de *Psidium guajava* L., observaram que existe uma correlação climática com os aumentos populacionais, mas que os principais picos coincidem com a frutificação. E que o pico populacional do principal predador não coincide com o da presa, indicando um provável mecanismo de fuga e dinâmicas ecológicas de coexistência, mesmo em áreas plantadas. Borges et al. (2003), apesar de terem constatado aumento populacional no período de disponibilidade de recurso e/ou período reprodutivo dos insetos considerados praga da cultura de *Ilex paraguariensis*, tanto em áreas nativas quanto em plantios adensados, também não observaram grandes danos nas áreas de cultivo nativo, onde havia maior diversidade de espécies associadas.

O problema ecológico surge, portanto, quando as alterações na estrutura, composição e dinâmica, ultrapassam os limites ecológicos de resiliência do ecossistema, fazendo com que as populações se desenvolvam fora de controle, para além da capacidade de equilíbrio de outras espécies, promovendo através dos surtos populacionais, perdas ecológicas e econômicas.

3.4 O impacto de um surto é igual em diferentes ambientes?

Primeiramente devemos compreender a concepção de diferentes ambientes em sua complexidade ecológica, não em limites políticos e barreiras fisiográficas. O ambiente consiste de um intrínseco e complexo emaranhado de relações, interações e iterações, não estocásticas, em sua maioria não previsíveis e irreprodutíveis (THOMPSON, 2005; MARTINS, 2012). Logo, diferentes estruturas, processos e composições, geram respostas ecológicas distintas (THOMPSON, 2005).

Em áreas conservadas, estruturadas e equilibradas, mesmo que alguma alteração

pontual seja capaz de provocar um surto demográfico em uma espécie, a resiliência do ecossistema, sustentada na existência de diversidade, qualidade ambiental, múltiplas interações e dinâmicas complexas (THOMPSON, 2005; MARTINS, 2012), será capaz de sobrepor o potencial de dano e retornar ao estado de equilíbrio, ou gerar um novo estado de equilíbrio (CAPRA; LUISI, 2014; THOMPSON, 2005). Já em áreas degradadas, a alteração danosa do ponto de vista da composição, estrutura e riqueza de espécies basais, condicionam maior vulnerabilidade a invasão de espécies exóticas e a surto de insetos, com modificações significativas na riqueza e estrutura das comunidades de insetos locais (KNOPS et al., 2002).

Lopes et al. (2005), constataram diferença na dinâmica e estrutura de populações de besouros predadores (Histeridae) ao compararem quatro ambientes com graus decrescentes de complexidade estrutural da vegetação, com tendência de decréscimo na diversidade e equidade, e substituição de espécies com a diminuição da complexidade do ambiente. Já em 1987, Powell e Powell observaram uma redução no número de indivíduos visitantes e na composição de espécies de abelhas Euglossinae em áreas fragmentadas. Becker et al. (1991), estudando os mesmos fragmentos após 5 anos, observaram um aumento da abundância de abelhas. Em 1998, esse fenômeno controverso observado por Becker et al. (1991) foi denominado comunidade saturada. Revelando uma importante dinâmica ecossistêmica, o aumento pontual da diversidade em resposta à perturbação e posterior queda brusca na diversidade e em outros descritores ecológicos. Thomazini e Thomazi (2000), descrevem alterações negativas visíveis e quantificáveis nas populações de insetos em áreas degradadas, se comparadas as áreas conservadas.

Os monocultivos, neste cenário, também são responsáveis por adicionar fatores favoráveis a existência de episódios de surtos: a concentração de uma única espécie/variedade, abundância alimentar/ nidificação nos cultivares de alta produtividade, redução de inimigos naturais, menores intervalos entre disponibilização de recursos, aumento da exposição e, conseguinte, da resistência a agrotóxicos, e introdução de espécies exóticas (DENT, 2000). Nestes ambientes agrícolas ou silviculturais, apesar da existência de uma estrutura formada por espécies de base, ocorre drástica simplificação do ecossistema, diminuindo sua capacidade de resistir ou até mesmo de se recuperar de prováveis danos (LINDENMAYER et al., 2016; SALES et al., 2018).

3.5 A partir de que ponto é necessário a intervenção?

A resposta ecológica, tanto relacionada a resistência quanto a resiliência à surtos populacionais, será diretamente dependente da composição e estrutura dos ecossistemas. Logo, a necessidade de monitoramento, intervenção e controle, também. Qualquer ação sobre o ecossistema demanda um conhecimento profundo dos mecanismos de controle natural de populações e da ecologia sistêmica, buscando prever surtos com confiabilidade, e controlando-os de maneira eficiente (TRIPLEHORN; JONNISON, 2011). Sem, no entanto,

desencadear outros desequilíbrios ecológicos (RIBEIRO; PAGOTTO, 2011).

Apesar de diversificada literatura sobre o Manejo Integrado de Pragas, que deveria orientar o processo de análise, prevenção e controle de surtos populacionais. Na prática, as ações realizadas são, em sua maioria, paliativas (BARROS et al., 2006). A utilização indiscriminada de agrotóxicos de maneira profilática vem agravando os problemas ambientais e promovendo novos desequilíbrios (SILVA; COSTA, 2002; BARROS et al., 2006). Isto porque, apesar de existirem alternativas, o impacto e a influência das grandes indústrias ainda obscurecem o poder da pesquisa de fontes alternativas.

É fundamental elucidar que não existem insetos-praga se separados do contexto, pois, por definição, pragas são populações de organismos capazes de causar injúrias ou modificações estruturais apenas quando a ponto de causar danos econômicos (PEDIGO; RICE, 2006) ou ecológicos. Além de que, todas as espécies existentes são fundamentais para a manutenção dos processos e serviços ecossistêmicos. O objetivo das estratégias de intervenção jamais deve perpassar a possibilidade de erradicação da espécie no local (BARBOSA et al., 2012), mas apenas a manutenção dos níveis populacionais dentro dos limites do Nível de Dano Econômico (NDE) e do Nível de Controle (NC) (SILVA; COSTA, 2002). A intervenção será necessária, portanto, apenas quando estes limiares forem atingidos, principalmente tratando-se de áreas produtivas, onde o objetivo não é a complexificação do ecossistema. Por isso a importância do monitoramento como principal ferramenta de controle (SHONE, 2002).

Uma importante ferramenta de prevenção e monitoramento é a modelagem matemática, que permite análises mais seguras dos fenômenos e enriquece o processo de controle (RICKLEFS; RELYEA, 2016; SHONE, 2002), principalmente por permitir diagnósticos personalizados, contextualizados e situacionais, independente das expectativas ou concepções pré-estabelecidas. Considerando-se áreas produtivas, diversas ferramentas e modelos matemáticos para cálculo do NDE e NC já foram desenvolvidos, além de programas e estratégias de intervenção e monitoramento. Os mesmos pressupostos nem sempre poderão ser aplicáveis em áreas naturais (sejam elas degradadas, conservadas ou em processo de restauração), pois nestes locais, o objetivo primordial não é a máxima produtividade com o menor dano possível, e sim, o retorno dos processos ecossistêmicos em um estado de equilíbrio dinâmico. Para estas áreas, uma ferramenta que desponta é a análise sistêmica, através da modelagem matemática de redes de interação (CAPRA; LUISI, 2014; CRESTANI et al., 2019; BOVO et al., 2018; GENRICH et al., 2017), que pode possibilitar diagnósticos precisos, baseados em fatores de estruturação do ambiente, apontando caminhos para o processo de restauração e conservação dos recursos naturais.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas populações naturais, a estrutura das comunidades de insetos é variável de

acordo com as espécies e ambientes interantes, mas se mantêm estável, com pequenas variações constantes, num estado denominado de equilíbrio dinâmico. Quando algum fator, endógeno ou exógeno, como o aumento na oferta de recursos ou a eliminação de um predador natural, interfere nesse equilíbrio, pode ocorrer um aumento pontual e explosivo na abundância das populações de insetos, decorrendo em surtos. Como a manutenção do equilíbrio nas populações depende do estado de equilíbrio do ambiente, as áreas com monocultivos, em decorrência da concentração de uma única espécie vegetal e da intensidade de manejo, são mais favoráveis à existência de surtos episódicos do que os ambientes naturais diversos e conservados.

A necessidade e a intensidade de intervenção sobre episódios de surto de insetos são dependentes da capacidade de resistência/resiliência do ecossistema e, em áreas de produção comercial, do nível de dano econômico. Contudo, qualquer ação sobre os ecossistemas, naturais ou plantados, requer amplo conhecimento dos mecanismos de controle natural de populações e da biologia e ecologia dos insetos, além de uma análise criteriosa de custos e benefícios, para o setor produtivo e para os ecossistemas. Neste sentido, o que seguramente compreendemos sobre dinâmica populacional de insetos e surtos de insetos-praga é ainda a ponta do *iceberg*, em relação à complexidade dos ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Aos professores, Dr. Adriano Arrué Melo e Dr. Ervandil Correa Costa pelas considerações sobre a versão preliminar deste manuscrito.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pela bolsa concedida aos autores.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, P.; LETOURNEAU, D. K.; AGRAWAL, A. A. (org.). **Insect Outbreaks Revisited**. Chichester, UK: Wiley, 2012.

BARKER, J. L.; BRONSTEIN, J. L.; FRIESEN, M. L.; JONES, E. I.; REEVE, H. K.; ZINK, A. G.; FREDERICKSON, M. E. Synthesizing perspectives on the evolution of cooperation within and between species. **Evolution: Society for the Study of Evolution**, v. 71, n. 4, p. 814-825, 2017.

BARROS, R.; DEGRANDE, P. E.; RIBEIRO, J. F.; RODRIGUES, A. L. L.; NOGUEIRA, R. F.; FERNANDES, M. G. Flutuação populacional de insetos predadores associados a pragas do algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 73, n. 1, p. 57-64, 2006.

BECKER, P.; MOURE, J. S.; PERALTA, F.J. A. More about Euglossine bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v. 23, p. 586-591, 1991.

BJORKMAN, C.; NIEMELA, P. **Climate Change and Insect Pests**. Wallingford: CABI, 2015.

BORGES, L. R.; LÁZZARI, S. M. N.; LÁZZARI, F. A. Comparação dos sistemas de cultivo nativo e adensado de erva mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil., quanto à ocorrência e flutuação populacional de insetos. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 4, p. 563-568, 2003.

BOVO A. A. A.; MAGIOLI, M.; PERCEQUILLO, A. R.; KRUSZYNSKI, C.; ALBERICI, V.; MELLO, M. A. R.; CORREA, L. S.; GEBIN, J. C. Z.; RIBEIRO, Y. G. G.; COSTA, F. G.; RAMOS, V. N.; BENATTI, H. R.; LOPES, B.; MARTINS, M. Z. A.; DINIZ-REIS, T. R.; CAMARGO, P. B.; LABRUNA, M. B.; FERRAZ, K. M. P. M. B. Human-modified landscape act as refuge for mammals in Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 18, n. 2, 2018.

BRONSTEIN, J. L.; WILSON, W. G.; MORRIS, W. F. Ecological dynamics of Mutualist / Antagonist Communities. **The American Naturalist**, v. 162, p. 1-17, 2003.

CALORE, R. A.; GALLI, J. C.; PAZINI, W. C.; DUARTE, R. T.; GALLI, J. A. Fatores climáticos na dinâmica populacional de *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) e de *Scymnus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) em um pomar experimental de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 67-74, 2013.

CAPRA, F.; LUISI, P. L. **A Visão Sistêmica da Vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas**. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2014.

COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B.; MUNARI, A. B.; MANZONI, C. G. **Entomologia Florestal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2014.

CRESTANI, A. C.; MELLO M. A. R.; CAZETTA, E. Interindividual variations in plant and fruit traits affect the structure of a plant-frugivore network. **Acta Oecologica**, v. 95, p. 120-127, 2019.

DENT, D. **Insect pest management**. 2. ed. Wallingford: CABI Publishing, 2000.

DWYER, G.; DUSHOFF, J.; YEE, S. H. The combined effects of pathogens and predators on insect outbreaks. **Nature**, v. 430, n. 6997, p. 341-345, 2004.

GENRICH, C.; MELLO, M. A.; SILVEIRA, F. A. O.; BRONSTEIN, J. L.; PAGLIA, A. P. Duality of interaction outcomes in a plant-frugivore multilayer network. **Oikos**, v.126, n.3, p.361-368, 2017.

KNOPS, J. M. H.; TILMAN, D.; HADDAD, N. M.; NAEEM, S.; MITCHELL, C. E.; HAARSTAD, J.; RITCHIE, M. E.; HOWE, K. M.; REICH, P. B.; SIEMANN, E.; GROTH, J. Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks, insect abundance and diversity. **Ecology Letters**, v. 2, n. 5, 2002.

LINDENMAYER, D.; MESSIER, C.; SATO, C. Avoiding ecosystem collapse in managed forest ecosystems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 14, n. 10, p. 561-568, 2016.

LOPES, P. P.; LOUZADA, J. N. C.; OLIVEIRA-REBOUÇAS, P. L.; NASCIMENTO, L. M.; SANTANA-REIS, V. P. G. Resposta da Comunidade de Histeridae (Coleoptera) a diferentes Fisionomias da Vegetação de Restingas no Espírito Santo. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2005.

MARTINS, S. V. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2012.

MOUSSALEM, M.; SANTOS-SILVA, M. A. Estudo da dinâmica populacional de quatro espécies de Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) em uma área de Serrado no Distrito Federal. *In*: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: USP, 2007.

NAIR, K. S. **Tropical Forest Insect Pests**: Ecology, Impact, and Management. 1. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. **Entomology and pest management**. 5. ed. New Jersey: Pearson, 2006.

POWELL, A. H.; POWELL, G. V. N. Population dynamics of male euglossine bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v. 19, n. 2, p. 176-179, 1987.

RIBEIRO, A. S.; PAGOTTO, M. **Ecologia de Populações**. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe - CESAD, 2011.

RICKLEFS, R.; RELYEA, R. **A economia da natureza**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SALES, E. F.; BALDI, A.; QUEIROZ, R. B. Edaphic fauna on agroforestry and monoculture systems of conilon coffee. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 5, p. 201, 2018.

SHONE, R. **Economic Dynamics**. 2. ed. Reino Unido: Cambridge University Press, 2002.

SILVA, M. T. B.; COSTA, E. C. Nível de controle de *Diloboderus abderus* em aveia preta, linho, milho e girassol. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 7-12, 2002.

THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. B. W. **A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas**. Rio Branco: Embrapa Acre. Documentos, n. 57, 2000.

THOMPSON, J. N. **The Geographic Mosaic of Coevolution**. 1. ed. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2005.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. (trad.). **Borror and DeLong's introduction to the Study of Insects**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WAAGE, J. K. Making IPM working: developing country experiences and prospects. *In*: SRIVASTAVA, J. P.; ALDERMAN, H. (org.). **Agriculture and Environmental Challenges**. Proceedings of the Thirteenth Agricultural Sector Symposium. Washington: World Bank, 1993.

WHYLIE, F. R.; SPEIGHT, M. R. **Insect pests in tropical forestry**. 2. ed. Wallingford: CABI Publisher, 2012.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/05/2021

Anatoly Queiroz Abreu Torres

Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG
ORCID (0000-0002-8910-8258)

Tamires Galvão Tavares Pereira

Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG
ORCID 0000-0003-3423-6962)

Rodolfo Soares de Almeida

Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG
ORCID (0000-0003-1952-2266)

Fernanda Leite Cunha

Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG
ORCID (0000-0001-7707-0910)

Erick Martins Nieri

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
São Félix do Xingu
ORCID (0000-0002-9425-9827)

Lucas Amaral de Melo

Universidade Federal de Lavras
Lavras - MG
ORCID (0000-0001-5219-9179)

RESUMO: O setor florestal contribui com a geração de emprego e renda no Brasil, sendo um setor bastante desenvolvido, contudo,

principalmente em áreas declivosas, uma série de melhorias ainda devem ser implementadas e analisadas com relação às condições de saúde e segurança dos trabalhadores. Dentre as principais operações florestais em áreas declivosas, está a colheita florestal, uma das mais perigosas e com alto risco de acidentes. Diante deste contexto, esta revisão bibliográfica teve por objetivo avaliar os fatores de riscos que interferem nas atividades de colheita florestal em áreas declivosas, a fim de encontrar correções ou modificações necessárias que auxiliem na melhoria da qualidade de vida e trabalho para os trabalhadores. Para o desenvolvimento do trabalho foi feita uma análise bibliográfica, sendo constatado que grande parte dos acidentes ocorre no momento do corte e derrubada de árvores. Os resultados demonstraram que a colheita florestal oferece diferentes riscos, com destaque para os riscos físicos, ergonômicos e de acidentes. Para a revisão, foi realizada uma análise desses principais riscos, com base nas diretrizes das Normas Regulamentadoras Nº 6, 17 e 31. Denota-se a falta de equipamentos adequados e a utilização de equipamentos e máquinas inseguros destinados a esse setor da atividade, entre eles a motosserra. Também foram verificados que muitos acidentes de trabalho acontecem pela não qualificação, falta de treinamentos e falta de profissionalização dos trabalhadores. Por fim, a condição de declividade do relevo montanhoso pode aumentar a quantidade e a gravidade dos riscos envolvidos nesta atividade, o que demonstra a necessidade de outras análises de riscos da colheita florestal para as mais diversas condições.

RISK ANALYSIS ASSOCIATED WITH FOREST HARVESTING IN DECLIVING AREAS IN BRAZIL

ABSTRACT: The forestry sector contributes to the generation of jobs and income in Brazil, being a well-developed sector, mainly in the declared areas, a series of improvements still have to be implemented and analyzed in relation to the health and safety conditions of workers. Among the main forestry operations in sloping areas, is the forest harvest, one of the most dangerous and with a high risk of accidents. Given this context, this bibliographic review aimed to assess the risk factors that interfere with forest harvesting activities in sloping areas, to find necessary corrections or modifications that help to improve the quality of life and work for workers. For the development of the work, a bibliographic analysis was made, and it was found that most accidents occur when trees are cut and felled. The results showed that the forest harvest offers different risks, with emphasis on the physical, ergonomic and accident risks. For the review, an analysis of these main risks was carried out, based on the guidelines of Regulatory Norms No. 6, 17 and 31. There is a lack of adequate equipment and the use of unsafe equipment and machinery for this sector of activity, among others the chainsaw. It was also verified that many work accidents happen due to non-qualification, lack of training and professionalization of workers. Finally, the sloping condition of the mountainous relief can increase the quantity and severity of the risks involved in this activity, which demonstrates the need for further analysis of the risks of forest harvesting for the most diverse conditions.

KEYWORDS: Regulatory Standard; Forestry Sector; Declivity.

INTRODUÇÃO

O setor florestal tem crescido na última década, e sua importância econômica se apresenta em números expressivos, com representatividade de 6,2% do PIB Industrial no país (IBA, 2020). No entanto, as florestas plantadas no Brasil têm avançado em áreas que não são consideradas agricultáveis, como as áreas declivosas, o que representa um grande desafio para a mecanização (LEITE *et al.*, 2011) e todas as atividades ligadas ao setor.

O setor florestal é considerado um dos mais perigosos mundialmente, despertando a atenção de pesquisadores e autoridades para a criação de medidas de segurança e proteção aos trabalhadores (ASSUNÇÃO; CAMARA, 2011). Segundo Souza *et al.* (2010), anualmente, ocorrem inúmeros acidentes no setor florestal, em que, grande parte deles ocorre na fase de colheita, nas operações de derrubada, desgalhamento, destopamento e toragem. A colheita florestal é vista como uma atividade de alto risco de acidentes, devido à grande exigência física requerida ao trabalhador, principalmente quando realizada de forma manual ou semimecanizada (ASSUNÇÃO; CAMARA, 2011).

Na colheita florestal, os riscos de acidentes mais comuns são aqueles que incluem as máquinas e equipamentos, principalmente na fase de tombamento da árvore, e também

os riscos de picadas de animais peçonhentos (CANTO *et al.*, 2007). Os riscos ergonômicos estão associados ao transporte manual de peso e aos ritmos excessivos, com jornadas de trabalho prolongadas em turno noturno, monotonia e repetitividade. Além desses riscos, há o alto nível de ruído e vibração das máquinas (BARBOSA *et al.*, 2014).

Em consonância com estes riscos, evidencia-se que o trabalho, em grande maioria, é realizado ao ar livre, ou seja, o trabalhador fica exposto às intempéries do clima e suas consequências, sofrendo com o calor ou frio, com a umidade, os ventos, entre outros. Entre outras causas de acidentes nesse setor, pode-se citar a falta de experiência e treinamentos de trabalhadores, tanto para a realização das atividades, quanto para a utilização das máquinas, ferramentas e até mesmo equipamentos de segurança, bem como o desconhecimento dos perigos que essa atividade oferece (VIEIRA, 2013). De acordo com Assunção e Câmara (2011), a adoção de medidas preventivas visando a resguardar a saúde e a segurança dos trabalhadores, sem dúvida nenhuma, revertem-se em benefícios sociais e econômicos para esses trabalhadores e para a sociedade em geral.

Ao relatar os riscos eminentes aos trabalhadores, pode-se notar que a colheita florestal requer medidas preventivas extremamente rigorosas, visando a segurança e saúde ocupacional. No entanto, estudos científicos acerca da atividade de colheita florestal em condições de áreas declivosas são ainda incipientes no Brasil, principalmente com foco na segurança do trabalho desta atividade, em busca da prevenção de acidentes e condições de trabalho ideais.

Diante deste cenário, objetivou-se realizar um levantamento e análise dos principais riscos de acidentes e as possíveis melhorias na etapa de colheita florestal, em áreas declivosas e com emprego de trabalho manual e ou semimecanizado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho se caracteriza como uma revisão de literatura com o intuito de reunir o que há de mais atual em termos de conhecimento científico relacionado ao tema de riscos de acidentes associados à atividade de colheita florestal em áreas declivosas.

A pesquisa foi realizada por meio de observações e considerações das Normas Regulamentadoras NR-6, NR-17 e NR-31 e de pesquisas publicadas em revistas científicas de relevante impacto e anexadas nas bases de dados *Google Scholar*, *Scopus*, Periódicos Capes e *Isi Web of Knowledge* limitadas no período de 2000 a 2021.

DESENVOLVIMENTO

Colheita florestal

No setor florestal, a colheita é considerada a fase mais importante do ponto de vista econômico, uma vez que esta representa em torno de 50% ou mais do custo de

produção da madeira, com uma alta participação no custo final do produto (MACHADO, 2014; CONEGLIAN *et al.*, 2010). Além disso, caracteriza-se como uma fase do processo produtivo de fundamental importância para o potencial de crescimento do setor florestal, visto que pode influenciar significativamente, não só nas questões econômicas, mas como também nas questões ambientais e sociais (CARVALHO; SOARES; VALVERDE, 2005).

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no povoamento florestal, que compreende, desde o preparo, até a destinação da madeira ao local de transporte ou utilização, fazendo-se o uso de técnicas e padrões estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final (MACHADO, 2014). O processo produtivo de colheita da madeira, em tese, é composto pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento, quando executado em campo, extração e carregamento (SILVA, 2003).

Atualmente, há uma grande diversificação dos sistemas de colheita de madeira, cuja “implementação” varia de acordo com a topografia do terreno, com o uso final da madeira, com as máquinas, equipamentos e recursos tecnológicos disponíveis (MINETTI *et al.*, 2008). A modernização das operações florestais no Brasil, principalmente aquelas que fazem parte do processo de colheita e transporte de madeira, intensificou-se significativamente no final da década de 1990, com a abertura do mercado pelo governo brasileiro à importação de máquinas e equipamentos de países com tradição na mecanização florestal (MACHADO, 2014).

Somado a isso, o aumento da produtividade das florestas e dos custos de mão de obra e a necessidade de executar o trabalho com maior segurança operacional e de redução nos custos de produção, culminaram numa intensificação dessa modernização (MINETTE *et al.*, 2008). Essas circunstâncias levaram empresas brasileiras a passarem da colheita manual ou semimecanizada, para sistemas totalmente mecanizados, com máquinas de alta tecnologia, produtividade e elevados custos (LEONELLO; GONÇALVES; FENNER, 2012).

Esta necessidade de mecanização da colheita florestal acarretou na evolução significativa dos sistemas e máquinas empregados nesta atividade, visando diminuir os custos da matéria prima e aumentar a produtividade (MINETTE *et al.*, 2008). Entretanto, a demanda por sistemas de colheita de madeira mais adequados quanto à segurança do trabalho ainda é sentida pelo setor.

Determinação e classificação dos riscos ocupacionais

Define-se “risco” como o grau de probabilidade de ocorrência de um determinado evento e o “fator de risco” está associado ao aumento de probabilidade de ocorrência do agravo à saúde, sem que o referido fator tenha que interferir, necessariamente, em sua causalidade (BRASIL, 2021b). Os riscos estão presentes nos mais diversos locais de trabalho e em todas as demais atividades humanas, comprometendo a segurança, a saúde das pessoas e a produtividade de empresas (BRASIL, 2021b).

Os fatores de risco podem ser sinais ou causa de eventos indesejados, mas em qualquer circunstância e indistintamente, devem ser identificados ou observados antes da ocorrência do evento prenunciado (BRASIL, 2021b). A Norma Regulamentadora N° 09 considera riscos ambientais, como os agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e, de acidentes, com potencial de afetar diretamente a saúde do trabalhador, expondo-o a doenças e acidentes de trabalho (BRASIL, 2021b).

Ao observar o Quadro 1, pode-se compreender por meio da exemplificação da classificação e agrupamento dos principais riscos ocupacionais, considerando-se a natureza e a padronização das cores correspondentes.

Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidentes
Ruídos	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiação ionizante	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas
Radiação não ionizante	Neblinas	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Probabilidade de incêndio ou explosão
Umidade	Substâncias, compostas ou produtos químicos em geral		Jornadas de trabalho prolongadas	Armazenamento inadequado
Pressões anormais			Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Quadro 1 – Classificação dos riscos, de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes - NR 9.

Table 1 - Classification of risks, according to their nature and the standardization of the corresponding colors - NR 9.

Riscos associados à colheita florestal no Brasil

O setor florestal brasileiro vem ao longo dos anos sendo considerado um dos mais perigosos nos aspectos de segurança do trabalho do mundo (SOUZA et al., 2010). Os maiores riscos, segundo alguns autores, estão presentes nas operações de corte das árvores, manejo dos equipamentos e máquinas para o transporte dos materiais (SILVA, 2013).

Diante deste contexto e ao observar o Quadro 2, pode-se notar que a maioria dos artigos científicos encontrados apontam que os principais agentes de riscos presentes no ambiente de trabalho florestal estão relacionados à colheita florestal, principalmente em áreas declivosas. Estes ocorrem fundamentalmente em razão da crescente exposição do trabalhador a situações de tensão e estresse no ambiente de trabalho e também ao perigo pelo manuseio de máquinas, equipamentos e ferramentas, muitas vezes sem o treinamento adequado.

Publicação	Tipo de estudo	Local de estudo	Riscos encontrados
Lopes, Zanlorenzi e Couto (2003)	Estudo transversal	Indústrias de madeira, Paraná	Físicos e ergonômicos
Pignati e Machado (2005)	Estudo transversal	Indústria de madeira, Mato Grosso	Físicos, ergonômicos e químicos (pó de madeira, fumaças)
Câmara; Assunção; Lima (2007)	Estudo de casos	Setor extrativista vegetal, Minas Gerais	Fatores ambientais, como a temperatura, as condições geográficas e o vento
Vianna <i>et al.</i> (2008)	Pesquisa de campo	Setor florestal, Minas Gerais	Físicos (falta de capacitação do profissional)
Assunção e Camara (2011)	Revisão bibliográfica	Setor florestal (eucaliptos e pinus), Minas Gerais	Falta de conhecimento e deficiências nas máquinas e ferramentas
Barbosa <i>et al.</i> (2014)	Pesquisa de campo	Áreas de colheita (eucalipto), Espírito Santo	Ergonômico (postura)
Britto <i>et al.</i> (2015)	Estudo transversal	Indústria prestadora de serviços florestais, Paraná	Físicos, químicos e ineficiência do uso dos EPI's
Forastiere <i>et al.</i> (2016)	Estudo transversal	Área de colheita florestal, Minas Gerais	Físicos (ruído e vibração)
Schettino <i>et al.</i> (2018)	Estudo transversal	Área de colheita florestal danificada pelo vento, Minas Gerais	Físicos, químicos e ergonômicos

Soranso <i>et al.</i> (2019)	Estudo transversal	Área de colheita (eucalipto), Minas Gerais	Físicos (ruído e vibração) e ergonômicos (postura)
------------------------------	--------------------	--	--

Quadro 2 – Principais estudos sobre riscos de acidentes de trabalho no Setor Florestal Brasileiro.

Table 2 – Main studies on occupational accident risks in the Brazilian Forest Sector.

No Brasil, a colheita florestal é, em sua grande maioria, realizada de forma manual ou semimecanizada, a qual é variável em função das condições de topografia dos terrenos e de fatores econômicos, ambientais e sociais, o que de fato a caracteriza como uma atividade pesada e perigosa (COELHO; LIMA; FONSECA, 2017). Essas atividades exigem dos operadores o manuseio de cargas elevadas e máquinas e ferramentas perigosas, com esforços repetitivos e posturas inadequadas durante praticamente toda a jornada de trabalho (VOSNIAK *et al.*, 2010).

Além disso, as condições e o ambiente de trabalho têm aspectos particulares, pois os mesmos são temporários e os trabalhadores atuam expostos a condições climáticas adversas, o que aumenta o risco de acidentes (MINETTI *et al.*, 2008). Trabalhando ao ar livre, o empregado fica exposto às intempéries do clima e suas consequências, sofrendo com o calor ou frio, com a umidade, os ventos, entre outros (MEDEIROS; JURADO, 2013).

Muitas vezes, o local de trabalho fica distante de sua residência, obrigando o trabalhador a dispendar tempo e energia no trajeto, correndo o risco de sofrer acidentes (MEDEIROS; JURADO, 2013). Devido ao isolamento do local de trabalho, geralmente faltam facilidades para o atendimento médico e de primeiros socorros com a urgência necessária.

Canto *et al.* (2007) evidenciaram a necessidade de conscientização das empresas e dos trabalhadores sobre o risco de acidentes inerentes à colheita florestal e a importância da utilização de equipamentos de proteção individual, bem como de instrução sobre como o trabalhador deve realizar a sua atividade de forma segura. Segundo Jacovine *et al.* (2005), a melhoria da qualidade do processo pode ser alcançada com investimento em treinamentos dos trabalhadores florestais.

Apesar do avanço nos últimos anos, a melhoria das condições de trabalho ainda tem sido muito modesta no setor florestal, uma vez que as pesquisas estão mais voltadas para os aspectos de otimização do trabalho, redução de custos e aumento da produtividade (SOUZA *et al.*, 2010). A falta de experiência nessas operações e a falta de treinamento pessoal são as principais causas de acidentes no trabalho, em especial, destacam-se os acidentes ocorridos com os operadores de motosserra em áreas declivosas (CANTO *et al.*, 2007). Ademais, para evitar os acidentes no processo da colheita florestal, algumas técnicas adequadas devem ser adotadas, como também medidas preventivas, além de serem aplicadas as normas e leis vigentes (PESCADOR *et al.*, 2013). Esses fatores

integrados irão determinar o melhor desempenho das atividades, bem como a melhor utilização dos recursos disponíveis de forma segura (CANTO *et al.*, 2007).

Riscos físicos associados à colheita florestal

Na colheita florestal, o ruído é apontado como um dos principais problemas para o operador de máquinas, principalmente em áreas declivosas com o uso de motosserra (CUNHA, 2001). Os problemas auditivos causados pelo ruído são determinados pelo nível de pressão sonora, frequência e tempo de exposição (BRASIL, 2021a).

A exposição intensa e prolongada ao ruído atua desfavoravelmente sobre o estado emocional do operador, com consequências imprevisíveis sobre o equilíbrio psicossomático, além de diminuir o desempenho do trabalhador nas suas funções e aumentar a probabilidade de ocorrência de acidentes no trabalho (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Diversos estudos realizados no setor florestal e madeireiro apontaram níveis elevados de exposição ao ruído com potencial de causar danos à saúde dos trabalhadores (SOUZA *et al.*, 2010; FIEDLER *et al.*, 2010). Minette *et al.* (2007) ao avaliarem os níveis de ruído em diversas máquinas de colheita florestal, constataram que todas estavam em desconformidade com a legislação brasileira.

Assim, nota-se que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os níveis de ruído para conforto acústico, sendo o nível de ruído de 85 dB permitido por 8 horas de exposição (BRASIL, 2021a). Para cada aumento de 5 dB no nível de ruído acima deste limite, o tempo de exposição deve ser reduzido pela metade.

Além do ruído, a vibração é considerada um dos maiores riscos físicos de acidente na Colheita florestal. A vibração ocorre em função do movimento oscilatório do corpo, proveniente de forças de componentes rotativos ou alternados de máquinas ou equipamentos (CUNHA, 2001).

Estudos têm apontado que há uma maior probabilidade de perda auditiva em trabalhadores expostos ao ruído e a vibração de maneira conjunta (SORANSO *et al.*, 2019). Nos estudos, realizados por Turcot *et al.* (2015), foram verificadas maiores alterações auditivas ao longo do tempo entre os trabalhadores florestais que também sofreram da doença dos dedos brancos, induzida pela vibração de mãos e braços.

Riscos ergonômicos associados à colheita florestal

Os riscos ergonômicos são aqueles relacionados com os fatores fisiológicos e psicológicos inerentes à execução das atividades laborais (BARBOSA *et al.*, 2014). Estes fatores podem produzir alterações no organismo e estado emocional dos trabalhadores, comprometendo a sua saúde, segurança e produtividade. Entre os principais fatores ergonômicos, incluem-se a monotonia, a posição e o ritmo de trabalho, a fadiga, a preocupação, os trabalhos repetitivos, entre outros (VOSNIAK *et al.*, 2010).

Como na atividade de colheita florestal, as atividades são realizadas com a utilização contínua de máquinas, equipamentos e ou ferramentas, estas exigem um elevado esforço

físico e a adoção de posturas, muitas vezes inadequadas (VOSNIAK *et al.*, 2010). Por esse motivo, as atividades realizadas nesse setor, na sua grande maioria, podem ser classificadas como moderadamente pesadas (BARBOSA *et al.*, 2014).

Além dos pesos e ritmos excessivos, existem agravantes, como os controles rígidos da produtividade, as jornadas de trabalho prolongadas, a monotonia e a repetitividade, o estresse físico e ou psíquico (BRASIL, 2021d). As lombalgias por excesso de peso e má postura são comuns nessa atividade.

A declividade do relevo é um fator determinante no dimensionamento dos riscos e sua gravidade, com ênfase no aumento dos riscos ergonômicos (BARBOSA *et al.*, 2014). Segundo Fiedler *et al.* (2010), boa parte dos acidentes de trabalho na colheita florestal é decorrente dos traumas por esforços excessivos. Eles são responsáveis pela maior parte de afastamentos dos trabalhadores, em consequência das doenças e lesões no sistema músculo-esquelético (IIDA; BUARQUE, 2016).

Nesse contexto, a realização de estudos ergonômicos é imprescindível, pois este auxilia na harmonização do sistema de trabalho, adaptando-o ao ser humano, por meio da análise da tarefa, da postura e dos movimentos do trabalhador, assim como de suas exigências físicas e psicológicas (BARBOSA *et al.*, 2014). O conhecimento desses fatores é de fundamental importância para que a área de trabalho, o seu arranjo, as máquinas, equipamentos e ferramentas sejam bem adaptados às capacidades psicofisiológicas, antropométricas e biomecânicas do ser humano (VOSNIAK *et al.*, 2010).

Riscos de acidentes associados à colheita florestal

As atividades florestais, por características próprias, já despertam atenção constante no que tange à proteção de seu trabalhador (FIEDLER *et al.*, 2010). O risco de acidentes é iminente em todas as atividades, tendo em vista a necessidade frequente do uso de diversos tipos e condições de máquinas, ferramentas e ou equipamentos (SOUZA *et al.*, 2010).

Na fase de derrubada das árvores, os processos de desgalhamento e traçamento são também de alto risco, visto que a motosserra funciona em sua rotação máxima e sem apoio, estando sujeita a resvalos, podendo atingir o trabalhador. Quanto ao empilhamento manual, é uma atividade extremamente pesada, sobrecarrega a coluna lombar e exige do trabalhador a admissão de posturas estereotipadas (SOUZA *et al.*, 2010).

Em outra vertente, de acordo com Coelho, Lima e Fonseca (2017) muitos acidentes com motosserras acontecem pela falta de qualificação e profissionalização adequada dos trabalhadores, visto que o conhecimento para o exercício da função é repassado por um colega de trabalho ou por instrutores não devidamente treinados e ou qualificados. A isso, somam-se como necessárias as atualizações e reciclagem periódicas dos trabalhadores da colheita florestal, quanto às normas regulamentadoras, prevenção de acidentes e técnicas mais seguras de trabalho (BARBOSA *et al.*, 2014).

Na colheita florestal, a topografia do terreno pode aumentar a quantidade e a gravidade dos riscos de acidentes envolvidos no trabalho (BARBOSA *et al.*, 2014). Apesar da evolução tecnológica na colheita florestal em área declivosas, onde se utilizam máquinas sofisticadas, muitas importadas, a motosserra ainda continua sendo largamente utilizada, isto devido ao corte de árvores com motosserra permitir uma boa produtividade individual e poder ser feito em locais de difícil acesso (PESCADOR *et al.*, 2013).

Entretanto, já se encontram no mercado, máquinas profissionais com dispositivos de segurança para esse tipo de terreno, tais como, freio da corrente, pino pega corrente, sistema antivibratório, protetores da mão esquerda e direita, trava de segurança do acelerador, direcionador de serragem e escapamento com silencioso e direcionador de gases, sendo estes dispositivos essenciais para que as empresas florestais contribuam para a segurança do operador (CANTO *et al.*, 2007).

Em sua quase totalidade, o local de trabalho no setor florestal encontra-se ainda distante das residências dos trabalhadores, obrigando-os a despender tempo e energia no trajeto, aumentando assim o risco de sofrer acidentes, dado aos meios de locomoção acessíveis aos trabalhadores (COELHO; LIMA; FONSECA, 2017). Diante desse cenário, Machado (2014), menciona que as empresas devem considerar como itens essenciais para a realização das atividades florestais: a formação de operadores abrangendo técnicas de operação, manutenção e segurança do trabalho; a observância de distância entre os operadores para evitar a queda de árvores sobre alguém; a sinalização nos limites e nas proximidades dos talhões; a disponibilidade de material de primeiros socorros e veículo para locomoção de feridos na área de corte; e meios de comunicação eficientes.

Normas regulamentadoras

Atualmente, existem 37 normas regulamentadoras vigentes, disponíveis no Ministério do Trabalho e Previdência Social. Essas normas regulamentadoras, além de estabelecerem as condições mínimas de segurança para a realização das atividades, servem como referência para a fiscalização do trabalho. As normas importantes para o desenvolvimento de atividades florestais, em geral, são:

- a) NR - 6 Equipamentos de Proteção Individual (EPI);
- b) NR - 17 Ergonomia;
- c) NR - 31 Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura.

NR – 6 Equipamentos de proteção individual – EPI

Equipamento de Proteção Individual (EPI) é todo dispositivo ou produto de uso individual que deve ser utilizado pelo trabalhador, com a finalidade de protegê-lo de situações que possam ameaçar sua saúde e segurança no trabalho (BRASIL, 2021a). Portanto, o EPI não evita a ocorrência de acidentes, mas ameniza suas consequências,

evitando lesões ou reduzindo sua gravidade (SILVA, 2013).

O uso de EPI está previsto na legislação trabalhista, ou seja, na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), mais precisamente, a Lei 6514 de 1977, que define:

“Cabe ao empregador quanto ao EPI, adquirir o adequado ao risco de cada atividade, exigir seu uso, fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente, orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação.”

Segundo Meireles e Oliveira (2016), os funcionários quando não são bem instruídos e treinados no uso do EPI, em geral, afirmam que os riscos a que se expõem são pequenos, que já estão acostumados e sabem como evitar o perigo, sendo que o uso de EPIs é incômodo e limita os movimentos. Segundo a CLT:

“Cabe ao empregado quanto ao EPI, usar, utilizando-o apenas para finalidade a que se destina, responsabilizar-se pela guarda e conservação, comunicar qualquer alteração que o torne impróprio para o uso, cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.”

A não utilização dos Equipamentos de Proteção Individual para cada atividade específica ocorre, muitas vezes, pelo desconhecimento, ou por tornar-se desconfortável para o trabalhador, além da ocorrência de negligência por parte das empresas em treinar e fornecer os equipamentos de proteção para seus trabalhadores (SILVA, 2013). Entretanto, é imprescindível a sua utilização, uma vez que ao realizar as atividades de forma segura, o trabalhador estará protegido contra possíveis riscos de acidentes (ASSUNÇÃO; CAMARA, 2011).

Na colheita florestal, o capacete é essencial para a proteção do impacto proveniente da queda de galhos (CANTO *et al.*, 2007). Segundo os mesmos autores, o protetor facial é destinado à proteção dos olhos e da face contra lesões ocasionadas por partículas de madeiras resultantes das atividades de derrubada, desgalhamento e traçamento. Ademais, as luvas são necessárias principalmente para proteção das mãos contra agentes abrasivos, escoriantes, cortantes, perfurantes, como farpas de madeiras nas atividades de extração e carregamento manual e semimecanizado.

Botas de cano longo ou botinas com caneleira com malha de aço, além de serem fundamentais para a proteção de operadores de motosserras, são importantes para trabalhadores do campo, que estão sujeitos a acidentes com animais peçonhentos (CANTO *et al.*, 2007). O uso do protetor auricular também se faz útil para proteger o sistema auditivo contra níveis de pressão sonora nas atividades de corte, pois os operadores de motosserra estão sujeitos à influência de um nível de ruído superior ao permitido pela legislação brasileira, o qual, para uma jornada de trabalho de oito horas, é de 85 dB, conforme a NR-15 (BRASIL, 2021c).

NR – 17 Ergonomia

A Norma Regulamentadora Nº 17 visa adaptar as condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, proporcionando um maior conforto, segurança e desempenho (BRASIL, 2021d). Assim, ela procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo.

Segundo esta norma, o empregador é responsável por fazer uma análise ergonômica do trabalho, a fim de adaptá-lo aos trabalhadores, devendo a mesma abordar, no mínimo, as condições de trabalho, conforme especifica a norma (BRASIL, 2021d).

Dutra, Leite e Massad (2012) afirmam que a adaptação do homem ao trabalho é bastante complexa, sendo que a ergonomia poderá contribuir a partir do conhecimento do ser humano, projetando o ambiente de trabalho e ajustando-o às suas capacitações e limitações. Por isso, na realização de uma análise ergonômica é importante iniciar pelo levantamento dos fatores humanos e das condições de trabalho, o que permite conhecer o perfil dos trabalhadores e identificar as condições de realização do trabalho (BRITTO *et al.*, 2015).

Um local de trabalho deve ser sadio e agradável, proporcionando o máximo de proteção, sendo o resultado de fatores materiais ou subjetivos, que previne acidentes, doenças ocupacionais, além de proporcionar melhor relacionamento entre a empresa e o empregado (BRITTO *et al.*, 2015). Por isso, para que as organizações possam alcançar o sucesso, devem buscar constantemente propostas para a melhoria do aperfeiçoamento dos métodos e das técnicas de trabalho, assegurando condições mais confortáveis, seguras e saudáveis ao ser humano e, conseqüentemente, aumentando a produtividade e a qualidade do trabalho (SANT'ANNA; MALINOVSKI, 2002).

Dentre os principais fatores ergonômicos relacionados às atividades de colheita florestal, os biomecânicos (envolvendo as posturas, as forças aplicadas, a carga de trabalho físico e os movimentos repetitivos) têm influência direta sobre a saúde do trabalhador e, conseqüentemente, sobre a eficiência da operação, os quais podem ser minimizados por meio de modificações no método de trabalho e treinamentos específicos, com a finalidade de adoção de posturas mais seguras, saudáveis e confortáveis (IIDA; BUARQUE, 2016).

David, Fieldler e Baum (2014) concluíram que na colheita semimecanizada no Brasil, os principais riscos à segurança e saúde ocupacional correspondem às patologias ligadas à coluna vertebral, como lombalgia e hérnia de disco. A mecanização proporciona melhores condições no trabalho, porém, os riscos à saúde e segurança permanecem devido à repetitividade e monotonia da atividade (BARBOSA *et al.*, 2014). Sua má condução propicia estresse e doenças psicossociais ao operador de máquinas, ainda estando sujeito a patologias musculoesqueléticas, como LER/DORT (Lesões por Esforços Repetitivos/ Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho) (SILVA *et al.*, 2013).

NR – 31 Segurança na agricultura, pecuária e exploração florestal e arquitetura

Conforme consta na NR-31 (BRASIL, 2021e), cabe ao empregador ou equiparado “realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados, adotar medidas de prevenção e proteção para garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam seguros e em conformidade com as normas de segurança e saúde”. Essa norma é responsável por estabelecer os preceitos que devem ser abordados na organização e no ambiente do trabalho, voltada para as atividades da agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura, podendo ser aplicada ainda em atividades de exploração industrial feita em estabelecimentos agrários.

Segundo a NR-31, cabe aos empregadores cumprir e fazer cumprir os seguintes dispositivos legais (BRASIL, 2021e)

- Realizar avaliações dos riscos para a segurança e a saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados obtidos, adotar as medidas de prevenção e proteção adequadas;
- Analisar com a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes no Trabalho Rural – CIPATR, as causas do acidente e as doenças decorrentes do trabalho, buscando prevenir e eliminar as possibilidades de novas ocorrências;
- Assegurar que sejam fornecidas aos trabalhadores instruções compreensíveis em matéria de segurança e saúde, bem como toda orientação e supervisão necessária ao trabalho seguro;
- Adotar medidas de avaliação e gestão dos riscos, seguindo na ordem de eliminação dos riscos, controle de risco na fonte, redução do risco ao mínimo, adoção de medidas de proteção pessoal no caso de persistirem os riscos.

A prioridade, portanto, é a eliminação de riscos à saúde, não o fornecimento de EPI's. Este deve ser a última medida a ser tomada para a neutralização dos riscos, caso não possam efetivamente, ser eliminados, controlados na fonte ou reduzidos ao mínimo.

As normas de segurança do trabalho, às vezes, são ignoradas por alguns trabalhadores, mas é de obrigação cumprir as determinações, adotar as medidas de proteção, e submeter-se aos exames médicos, colaborando assim, para que a NR-31 seja cumprida. Também é um direito do trabalhador ser informado e consultado sobre as medidas de prevenção que serão adotadas pela empresa, podendo escolher, dentre as alternativas, aquela que lhe for mais conveniente (BRASIL, 2021e).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as atividades analisadas, as que apresentaram maiores riscos de acidentes na atividade de colheita florestal foram o corte e a derrubada de árvores, em especial com o uso de motosserra em áreas declivosas, agravando os riscos ergonômicos. Outros riscos

presentes na maioria das atividades ligadas à colheita florestal são os riscos físicos, de ruído e vibração sendo a declividade do relevo um fator determinante no dimensionamento dos riscos e sua gravidade.

A mitigação desse cenário baseia-se na elaboração de planos de ação, determinando os riscos inerentes às atividades, de modo a: auxiliar em ações de treinamento, capacitação, fiscalização e atualizações periódicas, com foco no trabalho seguro dos envolvidos na colheita florestal; orientar para a utilização efetiva de todos os equipamentos de proteção necessários, seja individual, quanto coletiva, por todos os trabalhadores e; aplicar investimento sistemático em medidas de segurança e saúde dos trabalhadores e na disseminação de uma cultura prevencionista.

Por fim, ainda são necessários mais estudos sobre avaliações quantitativas imediatas para os riscos físicos de vibração e ruído, de acidentes e análises qualitativas dos agentes ergonômicos, a fim de refinar as melhores ações mitigadoras.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, A. A.; CAMARA, G. R. **A. precarização do trabalho e a produção de acidentes na colheita de árvores**. Caderno CRH, Salvador, v. 24, n. 62, p. 385-396, 2011.

BARBOSA, R. P. *et al.* **Análise de posturas na colheita florestal semimecanizada em áreas declivosas**. Revista Árvore, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 733-738, 2014.

BRASIL. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-6 - Equipamento de Proteção Individual**. <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-06.pdf> Acesso em: 20 de abr. 2021a.

BRASIL. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-09.pdf> Acesso em: 20 de abr. 2021b.

BRASIL. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e operações insalubres**. <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR-15-ANEXO-13.pdf>> Acesso em: 20 de abr. 2021c.

BRASIL. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17 - Ergonomia**. <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf> Acesso em: 20 de abr. 2021d.

BRASIL. NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-31 – Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura**. <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-31.pdf> Acesso em: 20 de abr. 2021e.

BRITTO, P. C. *et al.* Fatores humanos e condições de trabalho em atividades de implantação e manutenção florestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 4, p. 503-511, 2015.

CÂMARA, G. R.; ASSUNÇÃO, A. Á.; LIMA, F. D. P. A. Os limites da abordagem clássica dos acidentes de trabalho: o caso do setor extrativista vegetal em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 32, n. 115, p. 41-51, 2007.

CANTO, J. L. *et al.* Avaliação das condições de segurança do trabalho na colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do espírito santo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 513-520, 2007.

CARVALHO, R. M. M. A.; SOARES, T. S.; VALVERDE, S. R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 105-118, 2005.

COELHO, M. P.; LIMA, D. S. D. S.; FONSECA, G. C. Condições de saúde e trabalho na extração florestal manual em terrenos montanhosos. **Revista Ação Ergonômica**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, 2017.

CONEGLIAN, A. *et al.* Avaliação do rendimento e custo operacional do forwarder na colheita de eucalipto em primeiro e segundo corte. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 15, n. 1, p. 13-24, 2010.

CUNHA, A. I. **Níveis de Vibração e Ruído gerado por motosserras e sua utilização na avaliação da exposição ocupacional do operador à vibração**. FUNDACENTRO, Campinas/SP. 2001. 162p.

DAVID, H. C.; FIELDLER, N. C.; BAUM, L. **Ergonomia e segurança na colheita florestal: uma revisão ante a NR 17 e a NR 31**. Enciclopédia Biosfera, v. 10, n. 18; p. 1538, 2014.

DUTRA, T. R.; LEITE, A. M. P.; MASSAD, D. M. **Avaliação de fatores do ambiente de trabalho em atividades de um viveiro florestal de Curvelo, Minas Gerais**. Revista Floresta, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 269 - 276, 2012.

FIEDLER, N. C. *et al.* **Avaliação ergonômica do ambiente de trabalho em marcenarias no sul do Espírito Santo**. Revista Árvore, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 907-915, 2010.

FORASTIERE, P. R. **Caracterização das vibrações mecânicas no e ruído no posto de operação no trator agrícola modificado “transformax”**. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 291-301, 2016.

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores. **Relatório 2020**. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf> >. Acesso em: 20 abr. 2021.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia: projeto e produção**. 3.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016. 850 p.

JACOVINE, A. G. J. *et al.* **Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal**. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.

KROEMER, K. H. E.; GRANDEJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LEITE, F. *et al.* **Evaluation of tractive performance of four agricultural tractors in laterally in clined terrain.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 923-929, 2011.

LEONELLO, E. C.; GONÇALVES, S. P.; FENNER, P. T. **Efeito do tempo de experiência de operadores de harvester no rendimento operacional.** Revista Árvore, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1129-1133, 2012.

LOPES, E. S.; ZANLORENZI, E.; COUTO, L. C. **Análise dos fatores humanos e condições de trabalho no processamento mecânico primário e secundário da madeira.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 177-183, 2003.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal.** 3ª ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2014. 543 p.

MEDEIROS, J. V.; JURADO, S. R. **Acidentes de trabalho em madeiras: uma revisão bibliográfica.** Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, p. 87-96, 2013.

MEIRELES, N. M.; OLIVEIRA, F. O. **A conscientização do trabalhador quanto à importância do uso do EPI na aerossoladas em Macaé.** LINKSCIENCEPLACE-Interdisciplinary Scientific Journal, v. 3, n. 1, p. 46-62, 2016.

MINETTE, L. J. *et al.* **Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 664-667, 2007.

MINETTE, L. J. *et al.* **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12, n. 6, p. 659-665, 2008.

PESCADOR, C. M. M. *et al.* **Segurança do trabalho na colheita florestal: resultados iniciais Safety work in the forest harvest: the first results.** AMBIÊNCIA, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 397-410, 2013.

PIGNATI, W. A.; MACHADO, J. M. H. **Riscos e agravos à saúde e à vida dos trabalhadores das indústrias madeiras de Mato Grosso.** Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 10, p. 961-973, 2005.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. **Uso da análise multivariada no estudo de fatores humanos em operadores de motosserra,** CERNE, Lavras, v. 8, n. 2, p. 101-107, 2002.

SCHETTINO, S. *et al.* **Avaliação ergonômica da colheita florestal em área com madeira danificada pelo vento.** Agropecuária científica no semiárido, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 70-78, 2018.

SILVA, J. C. *et al.* **Avaliação de brigadas de incêndios florestais em Unidades de Conservação.** Revista Árvore, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 95-104, 2003.

SILVA, E. P. *et al.* **Fatores Organizacionais e psicossociais associados ao risco de LER/DORT em operadores de máquinas de colheita florestal.** Revista Árvore, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 889-895, 2013.

SORANSO, D. R. *et al.* **Risk Analysis in a Tropical Forest Wood Exploration and Processing System in Mato Grosso State, Brazil.** Journal of Experimental Agriculture International, p. 1-10, 2019.

SOUZA, A. P. D. *et al.* **Avaliação das condições de segurança no trabalho nos setores florestais de uma Instituição Federal de Ensino Superior.** Revista Árvore, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1139-1145, 2010.

TURCOT, A. *et al.* **Noiseinduced hearing loss and combined noise and vibration exposure.** Occupational Medicine, [S.l.], v. 65, n. 3, p. 238–244, 2015.

VIANNA, H. A. *et al.* **Análise dos acidentes de trabalho, enfatizando o setor florestal, em instituição federal de ensino superior.** CERNE, Lavras, v. 14, n. 3, p. 234-240, 2008.

VOSNIAK, J. *et al.* **Carga de trabalho físico e postura na atividade de coveamento semimecanizado em plantios florestais.** Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 589-598, 2010.

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 m³.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	$h = \beta_0 + \beta_1 * Lnd + \beta_2 * Lnd^2$	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	Coeficientes	R ²	Syx(%)	Local	Fonte
70	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	β_1 0,000848	0,986	13,43	Itatinga, SP	Silva (1996)
62 ^a	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	β_1 0,00053	0,991	10,14	Itatinga, SP	Silva (1996)
64	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	β_1 0,000633	0,987	12,32	Itatinga, SP	Silva (1996)
76 ^a , 79, 139 e 168	$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \varepsilon_i$	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	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	β_1 0,000563	0,988		Itatinga, SP	Silva (1996)
151	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	β_1 0,000591 β_0 -13,153	0,992		Itatinga, SP	Silva (1996)
166	$v = \beta_1 d^2 + \varepsilon_i$	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
Coeficiente de determinação	$R^2 = \frac{SQ \text{ Regressão}}{SQ \text{ Total}}$	
Coeficiente 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	$Syx = \sqrt{\frac{\sum (h - \hat{h})^2}{n - p}}$	h = altura observada (m); $\hat{h}$ = altura estimada (m);
Erro padrão da estimativa (%)	$Syx\% = \frac{Syx}{\bar{h}}$	$\bar{h}$ = altura média observada (m);
Coeficiente de variação	$CV\% = \frac{sh}{\bar{h}} * 100$	sh = desvio padrão da altura observada.

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):

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

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

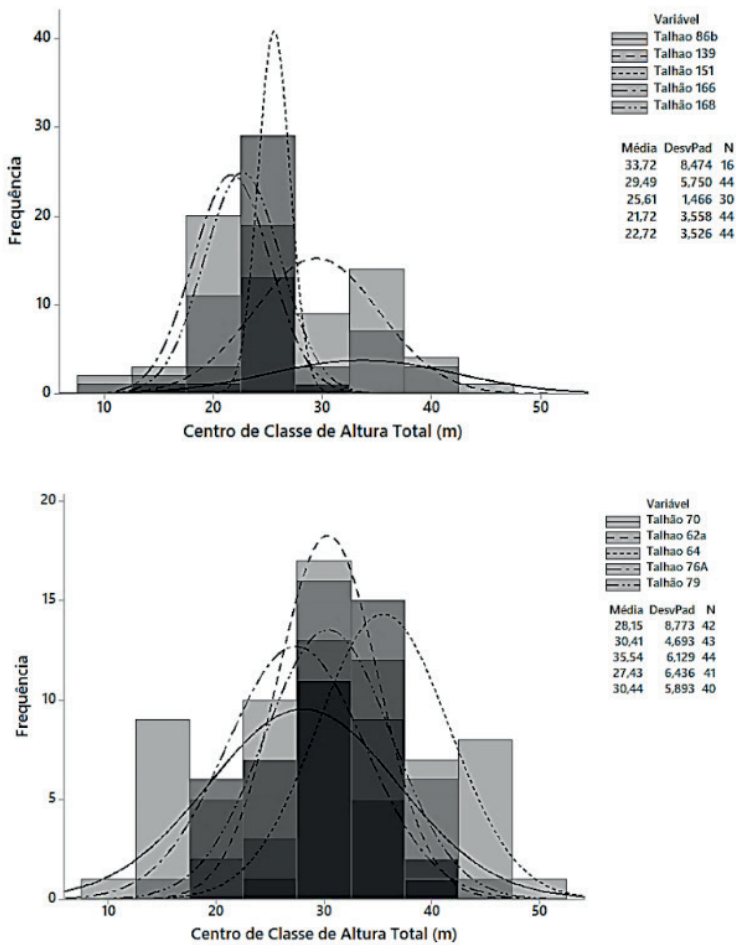


Figura 1 – Frequência do centro de classe de altura total para os talhões 86b, 139, 151, 166 e 168 s 70, 62a, 64, 76a e 79.

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).

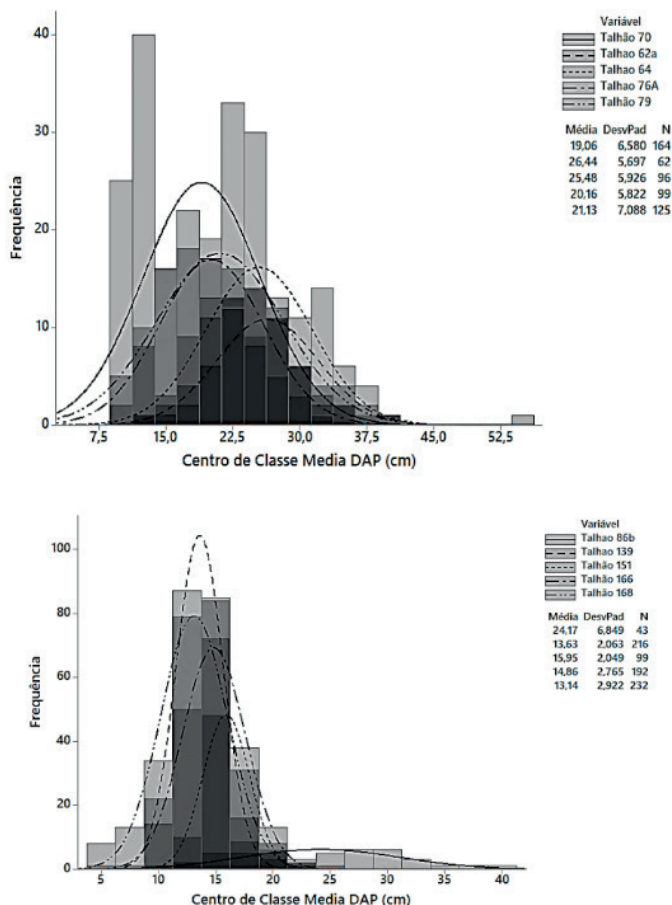


Figura 2: Frequência do centro de classe média para o diâmetro a altura do peito para os talhões 70, 62^a, 64, 76^a e 79 86^b, 139, 151, 166 e 168.

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

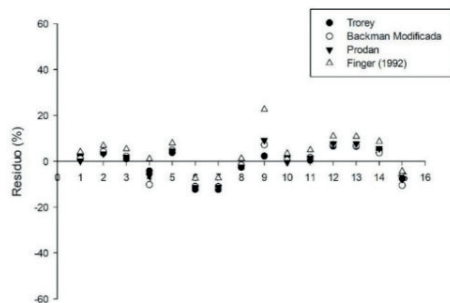
de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, de acordo com Leal *et al.*, 2011; Miguel. 2009. Pode se verificar que no trabalho de Atanazio *et al.* (2017), o R^2_{aj} variaram de 0,55 a 0,74, corroborando com os resultados dos modelos de a 1 e 2 dos respectivos talhões 79 (0,73%), 139 (0,715%) e 166 (0,78%).

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

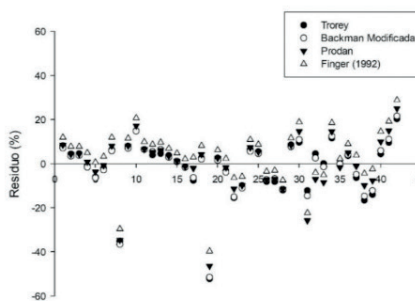
Tabela 6 - Estatísticas e coeficientes de regressão para os modelos hipsométricos para espécies de *Eucalyptus* spp.

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).

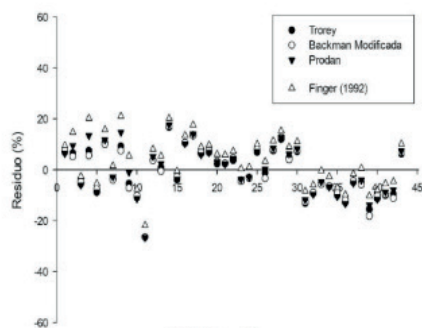
Na análise gráfica de resíduos observa-se que o modelo de Prodan foi o que apresentou melhor ajuste ao conjunto de dados dos povoamentos, evidenciando suas seleções como a melhor para cada um dos clones testados (Figura 3).



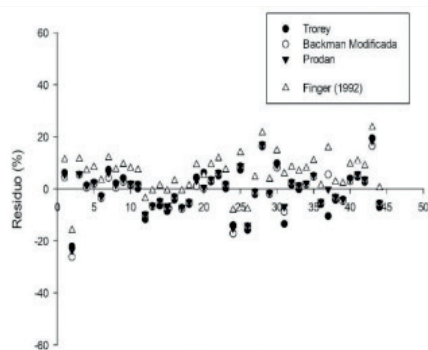
Talhão 86b



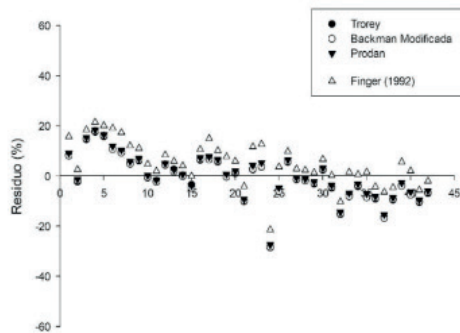
Talhão 62a



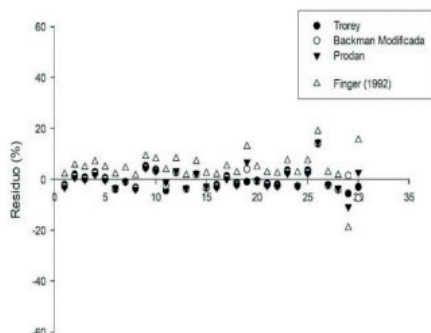
Talhão 64



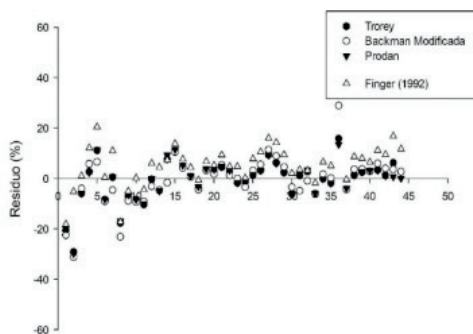
Talhão 166



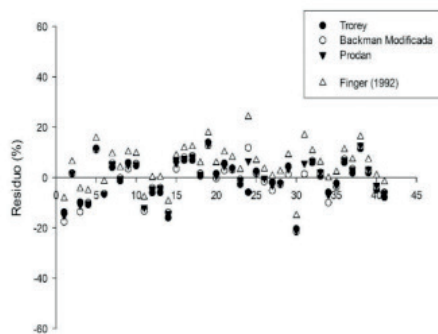
Talhão 70



Talhão 151



Talhão 168



Talhão 76a

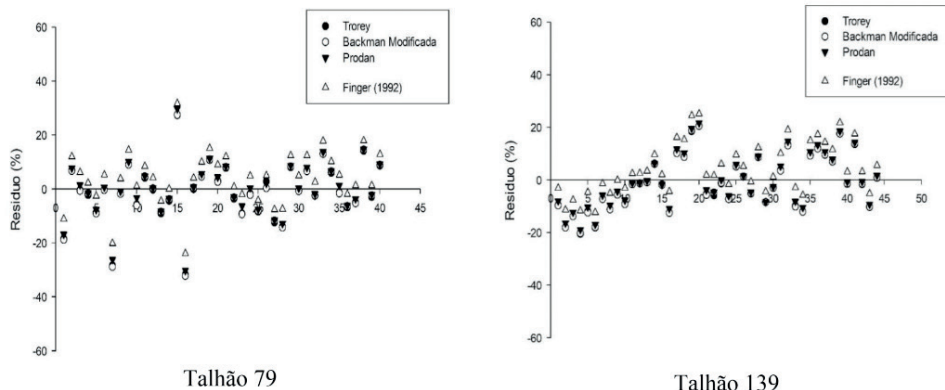


Figura 3: Distribuição de resíduo em função da altura total estimada (m) dos modelos hipsométricos ajustados.

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.

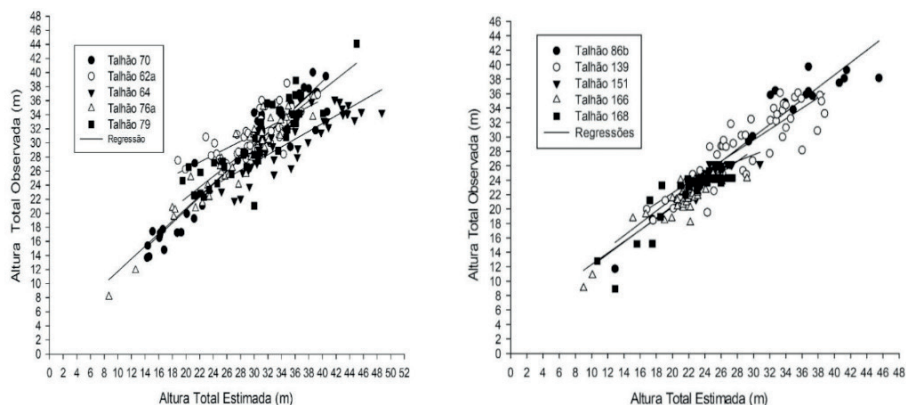


Figura 4: Comportamento da altura observada e estimada para o *Eucalyptus* spp. – para o modelo 3 para os talhões 70, 62^a, 64, 76^a e 79, 86^b, 139, 151, 166 e 168.

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 recomenda 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.
- BEHRENZ, 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: <iba.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 rela    hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Revista  rvore**, 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. Tens   de crescimento no lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua rela    com características dendrométricas em diferentes espaçamentos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.22, n.3, p. 408-415, 2015.

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

Data de aceite: 01/07/2021

Widna Suellen Paiva dos Anjos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Marcela Cristina Pereira dos Santos Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Renata Martins Braga

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

RESUMO: Com a crescente busca por novas fontes de óleos vegetais para a síntese do biodiesel, estudos de valorização e aplicação dos subprodutos resultante do processo de extração do óleo, como a torta e/ou farelo, tem despertado o interesse das indústrias de nutrição animal devido ao seu elevado. Surge então como alternativa, a aplicação desse subproduto como ração na alimentação de ruminantes. Essa é uma prática sustentável para o aproveitamento de um subproduto que é comumente descartado incorretamente, além de ser uma alternativa de baixo custo e eficaz de enriquecimento nutritivo na ração. O objetivo dessa revisão bibliográfica foi avaliar o potencial da torta de *Pachira aquatica* Aubl. como fonte de nutrientes em ração de ruminantes comparando com subprodutos de oleaginosas já empregadas na nutrição animal.

PALAVRAS - CHAVE: *Biodiesel, Pachira aquatica aubl., energias renováveis, biomassa florestal, munguba, ruminantes.*

ABSTRACT: With the growing search for new sources of vegetable oils for the synthesis of biodiesel, valuation studies and application of by-products resulting from the oil extraction process, such as cake and / or bran, has aroused the interest of the animal nutrition industries due to its high. Then, as an alternative, the application of this by-product as a feed in the feeding of ruminants arises. This is a sustainable practice for the use of a by-product that is commonly discarded incorrectly, in addition to being a low-cost and effective alternative to nutritional enrichment in the feed. The purpose of this literature review was to assess the potential of *Pachira aquatica* Aubl. pie. as a source of nutrients in ruminant feed compared to oilseed by-products already used in animal nutrition.

KEYWORDS: Biodiesel, *Pachira aquatica aubl.*, renewable energies, forest biomass, munguba, ruminants.

1 | INTRODUÇÃO

O uso de combustíveis fósseis como fonte energética tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas. No entanto, estudos de prospecção realizados no final do século XX revelaram que as principais reservas de petróleo do planeta deverão se esgotar em cerca de 100 anos (RAMOS et al., 2011). Segundo Howard e Elisabeth Odum (2013), os combustíveis fósseis não se formam tão rapidamente quanto são consumidos. Vale salientar que os combustíveis fósseis além de ser uma fonte esgotável, é um dos principais responsáveis pela emissão de

gases que aceleram o aquecimento global. Então, em 1997 foi assinado o Protocolo de Quioto, que propõe que mais de 90 países se mobilizem para promover uma ação conjunta, onde o intuito principal é estabilizar na atmosfera a concentração dos gases causadores do efeito estufa (Greenpeace International, 2003). Contudo, há o constante interesse na utilização de fontes renováveis de energias, como a energia solar, eólica e biomassa. Sendo a última a principal fonte de biocombustíveis, dentre eles o biodiesel.

O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de óleos vegetais e/ou gordura animal (triglicerídeos), e pela sua natureza orgânica, é considerado um combustível limpo e renovável. Além de representar uma alternativa essencial para atender à crescente demanda energética da sociedade moderna de forma sustentável (RAMOS et al., 2011). Staiss e Pereira (2001) afirmam que levando em consideração apenas a biomassa proveniente de atividades agroindustriais, calcula-se que o potencial combustível desse material seja equivalente a, aproximadamente, 6.587 milhões de litros de petróleo ao ano. Com a visibilidade e vantagens agregadas ao biodiesel, foi deferido que o óleo diesel comercializado em todo o Brasil deveria conter 10% de biodiesel (Resolução nº4/2021, CNPE).

Uma das biomassas que vem sendo explorada para essa finalidade é a *Pachira aquatica* aubl.(munguba). A munguba é uma espécie arbórea da família das Malvaceae (Bombaceae), com crescimento rápido e característico de vegetações pantanosas (CAMACHO et al., 2017), é uma espécie nativa da Floresta Amazônica e com ampla distribuição nas Américas (LORENZI, 2000; SANTOS et al., 2007; LIMA et al., 2012; CAMACHO et al, 2017). O fruto dessa espécie contém amêndoas organolépticas, ou seja, com alto teor lipídico (LORENZI, 2008; SILVA et al., 2010; JORGE e LUIZA, 2012; SILVA et al., 2012; CORREIA, 2019) (Fig.1). Com isto, essa espécie tem se destacado tanto na indústria de biodiesel quanto em pesquisas científicas para a obtenção de mais conhecimentos sobre suas propriedades e características.



Figura 1. Fruto aberto da *Pachira aquatica* aubl. com as amêndoas expostas.

Fonte: Anjos et al., 2020

Com o aumento do uso de óleos vegetais para fins de biodiesel, ocorre maior demanda para aplicação do subproduto resultante do processo de extração do óleo, como as cascas dos frutos e tortas de sementes. Geralmente, a torta ou farelo gerado na extração do óleo não passam por processo de agregação de valor porque são desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas, salvo algumas exceções como soja, algodão e girassol (ABDALLA et al., 2008). Esses subprodutos são caracterizados pelo elevado teor de proteína e podem ser aplicados na alimentação animal.

Há alguns estudos desenvolvidos a respeito de tortas resultantes da extração do óleo de sementes oleaginosas, como a da mamona por exemplo. Segundo Fernando Pivetti (2013), a torta de mamona, é um subproduto do processo da extração de óleo da semente da mamona, possui alto teor protéico e aparece como alternativa para a alimentação animal e para a produção de materiais biodegradáveis, destacando que a mamona contém uma toxina (Fernando Pivetti, 2013). Porém, no caso da torta da munguba, mesmo apresentando potencial para aplicação na ração de ruminantes, ainda não há resultados específicos sobre a influência desta no desenvolvimento e na nutrição desses animais.

A extração dos óleos vegetais é realizada por dois métodos muito conhecidos, a extração mecânica ou extração química. A forma na qual ocorre a extração do óleo influencia diretamente no subproduto. Por extração mecânica tem-se como subproduto a torta, e por extração química, o farelo. A extração mecânica consiste em utilizar uma prensa (seja ela contínua ou hidráulica) para a extração do óleo. As prensas contínuas são dotadas de uma rosca ou parafuso sem fim que esmaga o material, liberando o óleo (SILVA, 2018). As prensas hidráulicas (prensagem descontínua) apresentam um cilindro perfurado onde se desloca um êmbolo que faz pressão na matéria-prima que fica dentro de um saco de pano ou lona (SILVA, 2018). Quando a extração é realizada por este método, é constatado que na torta ainda fica um teor lipídico residual que pode ajudar na melhor digestibilidade do animal (CARDOSO, 2013). Na extração química, também conhecida como extração por solvente orgânico, os grãos são triturados para facilitar a penetração do solvente (hexano – derivado de petróleo, éter etílico, etanol, metanol, entre outros) (SILVA, 2018). Os óleos migram das sementes para o solvente por terem maior afinidade com este. Esse método de extração se mostra mais eficiente em retirar o máximo de óleo possível, no entanto requer solventes químicos que elevam o custo do processo e alteram a composição da torta.

Contudo, a aplicação desses subprodutos na alimentação animal se torna uma alternativa de baixo custo e eficaz para valorização destes, ao invés do seu descarte que muitas vezes ocorre de forma incorreta, tornando esta uma prática sustentável.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Esta é uma pesquisa teórica do tipo bibliográfica, baseada na vasta revisão de literatura com consulta de dados obtidos de outros autores.

A pesquisa foi realizada envolvendo artigos, teses, dissertações e dentre outros materiais acadêmicos, em plataformas como o Scielo, Google Acadêmico e outras bases a partir do Periódico CAPES. Com a finalidade de produzir um referencial teórico sobre a utilização de subprodutos de tortas oleaginosas na nutrição animal, tendo como enfoque principal, o potencial da torta de *Pachira aquatica* aubl. na alimentação de ruminantes.

3 | REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características das espécies oleaginosas

É essencial o conhecimento sobre a biomassa que será utilizada, tanto para o processo de biodiesel, quanto para aplicação do subproduto na alimentação de ruminantes, cada espécie tem suas particularidades. Em relação a composição das espécies oleaginosas, há a variação da quantidade de lipídeos, proteínas, fibras, carboidratos e dentre outros componentes. Além dos aspectos relacionados à composição e digestibilidade, também é importante observar a oferta frente a localização geográfica e a economia (SOUSA et al., 2020).

Subprodutos de espécies oleaginosas utilizadas na nutrição animal.

Babaçu

O babaçu (*Orbygnia speciosa*) é uma espécie de palmeira da família das Palmae, nativa da Região Norte e é comumente encontrada em regiões de cerrado (SOUSA et al., 2021). Consegue atingir até 20 m de altura, o que a classifica como de grande porte. É uma espécie muito explorada por conseguir utilizar-lá por completo, desde suas folhas até suas amêndoas, sendo as amêndoas de maior interesse para produção de biodiesel (SOLER et al., 2007).

Com a extração do óleo de babaçu, vários subprodutos são produzidos, sendo um deles o farelo de mesocarpo de babaçu (FMB), também denominado farelo de amido de babaçu (SOUSA et al., 2021). Antes, esse subproduto seria descartado sem agregação de valor. Porém, com o tempo, devido a disponibilidade dessas espécie regionalmente, tornou-se uma fonte de enriquecimento nutricional na alimentação de ruminantes, mesmo sem respaldo científico (PORRO, 2019; SOUSA et al., 2021).

Baseado na aplicação desse material na alimentação de ruminantes com apenas o conhecimento empírico, alguns pesquisadores realizaram estudos para melhor entendimento e exatidão da influencia desses subprodutos na alimentação dos ruminantes. FREITAS et al., (2014) realizou um experimento, onde foram aplicados diferentes quantidades do farelo de babaçu utilizada na alimentação de ruminantes, sendo 0%, 7,34%, 14,54%, e 21,70%. O principal objetivo do estudo era avaliar o uso de farelo do coco babaçu como um suplemento na alimentação de ruminantes. Na Tabela 1 a seguir, é possível verificar como

se deu a inclusão do FMB e de que forma se relacionou com a digestibilidade dos animais.

Inclusão Farelo de babaçu (% ração)	IMS (g/kg ⁿ)	DapMS (%)	DapMO(%)
0	0,084 b	61,77 a	65,29 a
7,34	0,089 ab	57,39 a	60,30 ab
14,54	0,089 ab	58,27 a	64,18 ab
21,70	0,092 a	58,09 a	59,70 b
Blocos			
1 Rodada	0,089 a	59,45 a	62,30 a
2 Rodada	0,087 a	58,30 a	62,44 a
CV (%)	4,24	4,57	5,38

Tabela 1. Inclusão de farelo de babaçu (% ração), ingestão de matéria seca (IMS), digestibilidade aparente da matéria seca (DapMS) e da matéria orgânica (DapMO) (Freitas et al., 2014).

Fonte: Freitas et al., 2014.

Como pode-se observar, não há valor nutricional relativamente alto com o aumento desse subproduto na ração. Concluindo nesse experimento, que deve-se restringir a inclusão na dieta não excedendo 20 % de ingestão de matéria seca (IMS), pois acarretar na perda de digestibilidade.

SOUSA et al. (2021) realizou um experimento semelhante, cujo o objetivo principal foi avaliar a fermentação in vitro (IVRF) e a digestibilidade in vitro aparente (AIVD) de dietas formuladas com quatro níveis de inclusão de farelo de mesocarpo de babaçu (FMB) em ruminantes. Nesse experimento foram colocados 0%, 7,5%, 15%, e 22,5% de FMB na ração balanceada dos animais. Na Tabela 2 a seguir, pode-se observar a composição química do FMB reportado por Sousa et al., 2020.

Item	FMB
Matéria seca (DM %)	87,83
Cinza (% de MS)	5,36
Proteína bruta (% de DM)	6,09
Extrato de éter (% de DM)	1,29
Fibra de detergente neutra (% de MS)	60,20
Fibra de detergente ácido (% de MS)	44,02
Hemicelulose (% de DM)	16,17
Celulose (%de DM)	26,07
Lignina (% de DM)	21,16
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (N) (% do N total)	0,25
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (N) (% de N total)	0,31

Fracionamento de carboidratos			
TOCH (% de DM)	A+ B1 (% de TOCH)	B2 (% de TOCH)	C (% de TOCH)
88,25	36,42	6,05	57,53

Tabela 2. Composição química do farelo do mesocarpo de babaçu (FMB) (Sousa et al., 2020).

TOCH: Carboidratos totais; informação fornecidas pelo provedor FMB. Fonte: Sousa et al., 2020

Como apresentado na Tabela 2, o farelo é composto em fibras com altor de lignina e celulose, além de apresentar nível representativo de proteína bruta. Em relação ao extrato étereo (EE), é possível observar que esta presente em pequena quantidade comparado ao teor de lignina, o que torna esse subproduto não tão viável em questões nutricionais, sendo que o nível elevado de EE é uma característica importante para a melhor digestibilidade do animal. Segundo Van Soest (1994), a lignina está inversalmente relacionada a digestibilidade. Além das características citadas anteriormente, o FMB é rico em amido, o que o torna uma ótima alternativa de fonte energética, pelo elevado teor de carboidratos (SOUSA et al., 2014; SOUSA et al., 2021). Na Tabela 3, Sousa et al.(2021) apresenta de que forma o FMB influenciou na degradabilidade ruminal.

c	FMB (%)			
	0.0	7.5	15.0	22.5
A	265.91 A	258.1 B	257.99 B	250.66 C
CT (horas: minutos)	01:50 B	02:40 A	02:41 A	02:29 A
μ	0.05993	0.05678	0.05631	0.05324
DMED (5%)	70.99	66.57	64.29	65.98
DMED (6%)	69.00	64.21	61.83	63.85
DMED (7%)	67.05	61.92	59.46	61.76
DMED (8%)	65.16	59.7	57.17	59.74

Tabela 3. Parâmetros da cinética de fermentação ruminal de dietas com farelo de mesocarpo de babaçu (FMB) determinados pelo modelo France e degradabilidade efetiva. (Sousa et al., 2021)

A: Gás total (mL); CT: tempo de colonização (horas); μ : taxa de degradação fracionária (h⁻¹); DMED: Degradabilidade efetiva da matéria seca; Parâmetros estimados por France et al. (1993). Os valores acompanhados pelas mesmas letras nas linhas são idênticos pelo teste de identidade da curva de 5% (Regazzi & Silva, 2010). Fonte: Sousa et al., 2021.

Os resultados apresentam que há uma maior degradabilidade dos alimentos quando está com o potencial máximo de produção de gás, que ocorre quando há uma melhor fermentação (SOUSA et al., 2020). Além, de comprovar que o FMB apresenta baixo valor nutritivo devido a alta concentração de lignina, o que o torna um alimento não tão viável em relação a aspectos nutritivos para alimentação de ruminantes, já que estes reduzem a degradabilidade. Porem, apresenta-se economicamente viável devido o fácil acesso ao

subproduto e por apresentar baixo custo quando comparado a outras forrageiras. Contudo, quando usado em pequena percentagem, o FMB se torna uma boa alternativa para substituição de outros substratos, desde que observados aspectos econômicos (SOUSA, et al., 2021).

Dendê

O dendezeiro é uma espécie exótica originária da Costa Ocidental da África e que foi introduzida no Brasil no século XVII. Atualmente é muito encontrado na Região Norte do Brasil, sendo utilizada e cobiçada pela indústria com finalidade para produção de biodiesel, justamente por ela produzir mais óleo do que qualquer outra palma. A produtividade do dendezeiro só na Região Amazônica, já é superior a 5 t de óleo por hectare/ano (MMA, 2006). Segundo Rodrigues Peres et al. (2005), o dendê pode se tornar uma das principais fontes de biodiesel no Brasil, cujo mercado internacional é muito bem estruturado, permitindo um fluxo contínuo de subproduto (Sousa et al., 2010).

Após o processo de extração do óleo para fins de biodiesel, tem-se a torta de dendê, também conhecida como torta de palmiste, que pode ser utilizada na alimentação de animais, afim de substituir outros substratos. Uma das vantagens da utilização deste como substrato, é por estar disponível permanentemente durante todo o ano (Pimentel et al., 2015).

Pimentel et al. (2015), realizou um experimento onde foram utilizadas 12 vacas mestiças, com quatro tratamentos: 0% = controle (sem inclusão da torta de dendê na dieta); 5% de inclusão de torta de dendê na matéria seca da dieta; 10% de inclusão de bolo de palmiste; e 15% de inclusão de bolo de palmiste. O principal objetivo do experimento era avaliar o efeito da inclusão da torta de palmiste na alimentação de animais. A composição química do bolo de palmiste reportado por Pimentel et al., 2015 é apresentada na Tabela 4.

Componentes	Bolo de palmiste
Matéria seca (%)	92,25
Proteína bruta (%DM)	14,34
Extrato etéreo (%DM)	10,56
Detergente neutro fibra cp ¹ (%DM)	65,63
Fibra de detergente ácido (%DM)	46,42
Lignina (%DM)	18,31
Matéria mineral (%DM)	3,13

Tabela 4. Composição química do bolo de palmiste (Pimentel et al., 2015).

Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. Fonte: Pimentel et al., 2015.

A torta de palmiste se mostra uma ótima fonte de proteína e com potencial devido o teor consideravel de extrato etéreo. Outro ponto a ser levado em consideração é a composição lignocelulósica, pois como já visto anteriormente, esta pode afetar a

degradabilidade do alimento.

Eficiência de alimentação	Nível de bolo de palmiste (%DM)				Eq. ¹	CV% ²	P ³
	0	5	10	15			
DMI ⁴ (kg dia ⁻¹)	14.71	14.89	15.74	15.52	18	7.93	0.133
INDFcp ⁵ (kg dia ⁻¹)	6.57	6.49	6.98	6.98	19	8.57	0.082
TDNI ⁶ (kg dia ⁻¹)	9.56	9.87	10.23	10.31	20	7.87	0.096
FE ⁷ (gDM h ⁻¹)	2911.59	2825.44	3051.49	3360.32	21	21.95	0.238
FENDFc ⁸ (gNDFc h ⁻¹)	1297.80	1234.07	1351.96	1509.23	22	22.02	0.153
FETDN ⁹ (gTDN H ⁻¹)	1894.33	1871.55	1978.33	2231.28	23	22.77	0.214
RE ¹⁰ (gDM H ⁻¹)	1730.18	1914.05	1908.74	1882.69	24	9.40	0.047
RENDFc ¹¹ (gNDFc h ⁻¹)	771.91	833.27	846.84	846.55	25	10.11	0.108
RETDN ¹² (gTDN h ⁻¹)	1186.33	1372.62	1374.06	1480.76	26	10.95	0.028
TCT ¹³ (h day ⁻¹)	830.00	798.75	820.42	802.92	27	7.57	0.568
NRB ¹⁴ (número dia ⁻¹)	546.85	488.30	529.47	512.10	28	11.19	0.106
NCd ¹⁵ (número dia ⁻¹)	30706.60	27702.47	29381.29	29178.79	29	10.94	0.173
Ncb ¹⁶ (número dia ⁻¹)	56.24	56.64	55.39	56.93	30	23.85	0.781
TRB ¹⁷ (sec bolus ⁻¹)	57.51	58.48	56.69	58.58	31	23.00	0.5

Tabela 5. Parâmetros de eficiência alimentar e ruminação de vacas em lactação recebendo diferentes níveis de torta de dendê reportados por Pimentel et al., 2015.

¹Equações de regressão; ²coeficiente de variação em porcentagem; ³probabilidade de erro; ⁴DMI- consumo de matéria seca; ⁵ INDFcp- ingestão de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁶TDNI- ingestão de nutrientes digestíveis totais; ⁷FE- eficiência de alimentação de matéria seca; ⁸FENDFc- eficiência de alimentação de fibra em detergente neutro corrigida; ⁹FETDN- eficiência alimentar de nutrientes digestíveis totais; ¹⁰RE- eficiência de ruminação da matéria seca; ¹¹RENDFc- eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro corrigida; ¹²RETDN- eficiência de ruminação dos nutrientes digestíveis totais; ¹³TCT- tempo total de mastigação; ¹⁴NRB - número de bolos ruminados por dia; ¹⁵NCd- número de mastigações por dia; ¹⁶Ncb- número de mastigações por bolus e ¹⁷TRB- tempo gasto por gasto do bolus ruminado. ¹⁸Y = 15,21; ¹⁹Y = 6,75; ²⁰Y = 9,99; ²¹Y = 3037,21; ²²Y = 1348,26; ²³Y = 1993,87; ²⁴Y = 45,222 + 1745,86x, R² = 0,45; ²⁵Y = 824,64; ²⁶Y = 1132,14+ 88,47x, R² = 0,49; ²⁷Y = 813,02; ²⁸Y = 519,18; ²⁹Y = 29242,29; ³⁰Y = 56,30; ³¹Y = 57,80. Fonte: Pimentel et al., 2015.

Avaliando os resultados obtidos por Pimentel et al. (2015), pode-se observar que o tempo total de mastigação (TCT) diminui de acordo com o aumento da quantidade de substrato utilizado na ração. Outro fator relevante, é que, tanto o número de bolus ruminados por dia (NBR), quanto o número de mastigações por dia (NCd) foram menores quando colocado 5% da torta de palmiste. Avaliando a eficiência de ruminação da matéria seca (RE) foi observado que ele diminuiu consideravelmente no tratamento com 15% da torta. Conclui-se então que a inclusão da torta de dendê não acarreta em um aumento significativo no aumento do tempo despendido com alimentação, não alterando a eficácia da alimentação e ruminação quando utilizado até 15% da torta na ração (PIMENTEL et al., 2015).

Subproduto da munguba (*Pachira aquatica* aubl.) com potencial para a aplicação na nutrição animal

A munguba é uma espécie arbórea da família das Malvaceae (Bombaceae), nativa da Floresta Amazônica e com ampla distribuição nas Américas (LORENZI, 2000; SANTOS et al., 2007; LIMA et al., 2012). Apresenta grande potencial para a restauração de áreas úmidas, solos degradados e florestas (Hernandez-Montero e Sosa, 2016; Camacho et al., 2018), isso se dá devido suas características e capacidade de se adaptar em condições edáficas (Peixoto e Escudeiro, 2002; Silva et al., 2015). O fruto (Fig.2) dessa espécie contém amêndoas organolépticas, ou seja, com alto teor lipídico (LORENZI, 2008; SILVA et al., 2010; JORGE; LUIZA, 2012; SILVA et al., 2012; CORREIA, 2019). Essa espécie tem ganhado mais espaço tanto na indústria de biocombustíveis e nutrição não convencional.



Figura 2. Espécie jovem, fruto e flor da *Pachira aquatica*.

Fonte: Anjos, 2020.

Em estudo das propriedades funcionais das proteínas das amêndoas da *Pachira aquatica* Aubl. constatou-se que as suas sementes contêm aproximadamente 13,75% de teor proteico quando in natura, enquanto na forma de torta observou-se 28,27% de proteínas (SILVA et al., 2015; CORREIA, 2019). Este teor de proteína é expressivo quando avaliado a quantidade necessária para alimentação de ovinos, inclusive as ovelhas que estão em desmame que necessitam de uma proporção maior de proteína (SILVA et al., 2008). Silva et al. (2008) também afirma que “ Da parição até o desmame, as ovelhas devem ser alimentadas com volumosos de boa qualidade e ração com 14-16% de proteína (400-800 g/dia), dependendo do tamanho da ovelha, número de crias e estado corporal.”

A amêndoa da munguba apresenta uma composição riquíssima antes e após extração do óleo, com alto teor de lipídeos, proteínas e carboidratos (Azevedo et al., 2015).

Essa é outra característica que torna esse subproduto potencial para a nutrição animal. Na Tabela 6 é apresentada a composição centesimal das amêndoas da munguba reportada por Azevedo et al., 2015.

Componentes	Teor (%)
Umidade	5,53 ± 0,09
Cinza	4,89 ± 0,09
Lipídeos	46,62 ± 0,85
Proteínas (N x 6,25)	13,75 ± 0,46
Carboidratos *	29,20

Tabela 6. Composição das amêndoas de munguba (*Pachira aquatica* aubl.) (Azevedo et al., 2015)

Carboidratos por diferença (100 menos o somatório dos demais componentes).

Resultados das análises com média e desvio-padrão de três repetições.

Fonte: Azevedo et al., 2015.

A munguba apresenta altos teores nutricionais, e quando suas amêndoas são comparadas com outras oleaginosas, indicaram um percentual de proteínas inferiore a algumas espécies como a colza, soja (Barcelos et al., 2002; Azevedo et al., 2010). Os resultados mostram-se semelhantes a fava de morcego (13,3%) (Queiroga Neto V., 2005; Azevedo et al., 2010), e superiores às amêndoas da macadâmia (9,2%) (Ribeiro D., 2003; Azevedo et al., 2010). Já quando levado em consideração as espécies citadas nesse artigo, o teor de proteína é semelhante ao do bolo de palmiste, e superior ao de babaçu. A comparação com teores nutricionais de outras espécies é importante para a seleção da *Pachira aquatica* aubl. como alternativa na alimentação de ruminantes, devido as semelhanças entre elas e qual as procedências a serem tomadas para o uso de uma biomassa sem respaldo científico.

Mesmo após o processo de extração do óleo, essa biomassa apresenta um alto teor protéico. Avaliando algumas características no geral, temos que o conteúdo protéico destas tortas é relativamente alto (35%), com variação de 14 a 60%, sugerindo a utilização como fonte de proteína para os animais (Jardim, 1976). As frações protéicas que constituem a proteína é um dos fatores que influenciam diretamente o resultado final, sendo ele o segundo nutriente limitante (SILVA, 2008). Na tabela 7 é possível conferir os percentuais de proteínas obtidas a partir do isolamento proteico em um estudo realizado por Silva et al. (2015).

ISOLADO PROTEICO				
	IP 2,0		IP 10,0	
	Massa (g)	(%)	Massa (g)	(%)
Proteína total na farinha desengordurada (N x 6, 25)	28,27±0,25 ^a	100	28,27±0,25a	100
Proteína extraída	10,89±0,60 ^a	38,52	23,20±0,55b	82,06
Precipitação Isoelétrica	6,60±0,20 ^a	23,35	20,05±0,93b	70,94
Proteína não Precipitada	4,30±0,69 ^a	15,17	3,14±0,20b	11,12
Proteína não extraída	17,38±0,66 ^a	61,58	5,07±0,58b	17,94

Tabela 7. Extração e recuperação de proteínas na obtenção dos isolados proteicos de 100 g da farinha desengordurada de amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.) (Silva et al. (2015)).

Resultados das análises com média e desvio-padrão de cinco repetições. Letras diferentes na mesma linha diferem significativamente, de acordo com o teste t-student, ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: IP 2,0- isolado proteico em pH 2,0; IP 10,0- isolado proteico em pH 10,0.

Fonte: Silva et al., 2015.

Silva et al. (2015) concluiu que o melhor rendimento da extração dos isolados proteicos foi para o IP 10,0. Além, das sementes de munguba apresentar resultados promissores em relação ao teor lipídico e proteico. A Tabela 8 apresenta detalhadamente a distribuição das frações proteicas da farinha desengordurada reportado por Azevedo et al., 2010.

Frações Proteicas	Índices (%)
Albumina	22,86 ± 0,02
Globulina	56,24 ± 0,26
Prolamina	1,43 ± 0,01
Gluetinas	14,22 ± 0,14
Resíduo	5,36

Tabela 8. Índices de proteínas das frações proteicas das amêndoas da munguba a partir da farinha desengordurada, de acordo com sua solubilidade (Azevedo et al., 2010).

Resultados das análises com média e desvio padrão de três repetições.

Fonte: Azevedo et al., 2010.

O conteúdo de proteínas na farinha desengordurada, extraídas e recuperadas caracterizam a amêndoa da munguba como boa fonte de proteína (Azevedo, 2008). A globulina é uma das várias globulares que são pouco hidrossolúveis e é a fração principal

em maior destaque com o índice de 56,24 %, seguido pela albumina com 22,86%.

O teor de gordura (EE) também varia consideravelmente (3 a 24%) o que pode ser outro benefício para os ruminantes, considerando que a inclusão de óleo na dieta pode auxiliar na mitigação de metano entérico (Grainger, 2008).

4 | CONCLUSÃO

É notório que os subprodutos de espécies oleaginosas apresentam características nutricionais essenciais na alimentação de ruminantes. Tornando-se uma alternativa para a substituição de outros alimentos, e tendo uma aplicabilidade para o subproduto que antes era descartado sem finalidades nenhuma, agregando valor para essa biomassa residual.

As pesquisas apontam os subprodutos da munguba como promissoras tanto economicamente quanto nutricionalmente na dieta animal. Mas ainda há poucas informações na literatura sobre o uso desses subprodutos nos sistemas alimentares. Sugere-se o desenvolvimento de trabalhos a respeito da caracterização, se há toxinas prejudiciais, e a aplicação direta desses subprodutos na alimentação de ruminantes.

REFERÊNCIAS

Abdalla, A. L.; Da Silva Filho, J. C.; De Godoi, A. R., de Almeida Carmo, C.; & De Paula Eduardo, J. L. Utilização de Suprodutos da Indústria de Biodiesel na Alimentação de Ruminantes. Revista Brasileira de Zootecnia, 37 (SPECIALISSUE),260-268.2008.<https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>.

Azevedo, C. C. (2008). Modificação química das proteínas de amêndoas da munguba (*Pachira aquatic Aubl*): propriedades funcionais. Universidade Federal Da Paraíba, 86. <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp073246.pdf>

Azevedo, R. A.; Rufino, L. M. A.; Santos, A. C. R.; Silva, L. P.; Bonfá, H. C.; Duarte, E. R.; Geraseev, L. C. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Vol.47 no 11. Brasília, Nov.2012.<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001100014>

Barcelos, M. F. P.; Vilas Boas, E. V. B.; Lima, M. A. C. Aspectos nutricionais de brotos de soja e de milho combinados. Ciência Agrotec. 2002. 26(4): 817-25.

Brasília, Ministério de Minas e Energia. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA – CNPE, RESOLUÇÃO Nº 4, DE 9 DE ABRIL DE 2021. Disponível em : <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-313697367>. Acesso em: 06 de Maio de 2021.

Camacho, M., E.; Tatis, H., A.; Ayala, C., C. Correlations and path analysis between fruit characteritics and seeds of *Pachira aquatica*. Revista Facultad Nacional de Agronomia, Universidad Nacional de Colombia. 2017. Doi: 10.15446/rfna.v71n1.67027.

Correia, L. A. da S. Caracterização energética dos frutos e sementes da *Pachira aquatica aubl*. para aplicação em processos de conversão termoquímica, dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2019.

Freitas, M. A. G.; Siqueira, G. B.; Siqueira, F. L. T.; Avaliação do uso do resíduo farelo de babaçu (*Orbignya* sp) na alimentação de ruminantes. *Interações* (Campo Grande), vol. 15, nº 1. Campo Grande Jan/June 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1518-70122014000100006>.

Grainger, A. Difficulties in tracking the long-term global trend in tropical forest area. 2008 105 (2) 818-823; <https://doi.org/10.1073/pnas.0703015105>.

Greenspace internacional- Kyoto protocol. Disponível em: <http://www.greenspace.org/international/em/...> Acesso em: 02.12.2020.

Howard. Odum., E. O Declínio Próspero: Princípios e Políticas. Rio de Janeiro: editora vozes, 2013.

Jorge, N., & Luzia, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* aubl. para aproveitamento alimentar. *Acta Amazonica*, 42(1), 149-156.2012.Doi:<https://doi.org/10.1590/s0044-59672000100017>.

Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Vol. 1,5. Ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 2000, 2008. 384 p.

MMA. (2006). Caracterização Das Oleaginosas Para Produção De Biodiesel. Ministério Do Meio Ambiente, 1–31. https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_5.pdf.

PEIXOTO, A. L.; ESCUDEIRO, A. *Pachira aquatica* (Bombacaceae) na obra “historia dos Animais e Arvores do Maranhao” de Frei Cristovao de Lisboa. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro, v.53, n.82, p.123-130, 2002.

Peres, F.; Lucas, S. R.; Ponte, L. M. D.; Rodrigues, K. M.; Rozemberg, B. Percepção das condições de trabalho em uma tradicional comunidade agrícola em Boa Esperança, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2004; 20:1059-68.

Pivetti, F. Estudo da FZEA mostra potencial da torta de mamona como alternativa para alimentação animal. Universidade de São Paulo, 2013. Acesso em 06 de Maio de 2021.

Pimentel, L. R.; Silva, F. F.; Silva, R. R.; Schio, A. R.; Rodrigues, E. S.; Oliveira, P. A. Feeding Behavior of lactating cows fed palm kernel cake in the diet. *Acta Scientiarum*. Maringá, v.37, n.1, p.83-89, 2015.

Porro, R. A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 14(1), 169-188. 2019. Doi: 10.1590/1981.81222019000100011.

Queiroga Neto, V. Caracterização físico-química e nutricional do óleo e proteínas de amêndoas de fava de morcego (*Dipteryx launifera*, L.), tese de doutorado, João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba, 2005.

Ramos, L. P.; da Silva, F. R., Mangrich, A. S.; & Cordeiro, C. S. Biodiesel production technologies. *Revista Virtual de Química*, 3(5), 385-405. 2011. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20110043>.

Ribeiro, D. Caracterização dos lipídeos e de proteínas das amêndoas de macadâmia (*macadêmia integrifolia* Maiden e Betcher), dissertação de mestrado, João Pessoa (PB): Universidade Federal da Paraíba, 2003.

Santos, R. B. dos.; Lacerda Jr,V.; Sousa, T. S.; Castro, E. V. R. Propriedades Físico-Químicas da Mistura Biodiesel de Munguba (*Pachira aquatica* Aubl.)/ Diesel de petróleo. Departamento de química, Univerdade Federal do Espírito Santo- UFES, 2007. Acesso em: 02 mar. 2020.

Silva, B. L.A. Caracterização lipídica e proteica das amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* aubl.) Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, 2008.

Silva, B. L. A.; Bora, P. S.; Azevedo, C. C. Caracterização química parcial das proteínas das amêndoas da munguba (*Pachira aquatica* aubl.). Revista Instituto Adolfo Lutz, V.69, n.3, p.333-340, 2010.

Silva, K. B.; Alves, E. U.; Matos, V. P.; Bruno, R. L. A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e fases de germinação de *Pachira aquatica* Aubl. Semina: Ciências Agrárias, v.33, n.3, 2012.

Silva, B. L. A.; Azevedo, C. C; Azevedo, F. L. A. A. Functional properties of proteins from almonds of the Guiana-chestnut (*Pachira aquatica* Aubl.)/ Propriedades funcionais das proteínas de amendoas da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.). Revista Brasileira de Fruticultura, V. 37. 2015.<http://dx-doi.ez18.periodicos.capes.gov.br/10.1590/0100-2945-065/14>

Silva, M. C. Óleos essenciais: Caracterização, aplicações e métodos de extração, trabalho apresentado para a conclusão de curso, Centro Universitário de Formiga-UNIFOR-MG. 2018.

Soler, M. P.; Muto, E. F.; Vitali, A. A. Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27: 717, 2007.

Sousa, J. P. L., Santos Neta, E. R., Maciel, R. P., Sousa, J. T. L., Rodrigues, K. F., & Vaz. (2010). Uso da torta de dendê em dietas para animais de produção. Revista PUBVET, 4(6), 3–12.

Sousa, L. F.; Macedo Jr, G. de L.; Santos, R. P. dos Silva, A. G. M.; & Borges, I. Composição bromatológica e cinética da fermentação ruminal de rações contendo resíduos de babaçu. Revista Ciência Agronômica, 45(1), 177-185. 2014. Doi: 10.1590/S1806-66902014000100021.

Sousa, L. F.; Sousa, J. T. L.; Schultz, E. B.; Macedo Jr, G. L. Babassu mesocarp meal for ewe lambs feeding: In vitro ruminal fermentation and in vivo apparent digestibility. Acta Scientiarum, Animal Sciences, Ruminants Nutrition. V.43, 2021. 10.40.25/actascianimsci.v43i1.51056.

STAISS, C.; PEREIRA, H. Biomassa Energia Renovável na Agricultura e no Setor Florestal Instituto Superior de Agronomia, Portugal, Revista Agros n. 01 pp. 21-28, 2001

Van Soest, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p. 199

SOBRE O ORGANIZADOR

CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2003), mestrado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2006), doutorado em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (2009) e pós-doutorado na Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Divisão de Funcionamento de Ecossistemas Tropicais (2016). Atua como professora da Universidade Federal do Oeste do Pará, no Instituto de Biodiversidade e Florestas desde 2010. Atualmente dedica-se à projetos voltados para a área de Ecologia Aplicada. Contato: crisalefel@gmail.com

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