

# Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 2



**Cristina Aledi Felsemburgh**  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 2



**Cristina Aledi Felsemburgh**  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
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  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E55	<p>Empreendedorismo e inovação na engenharia florestal 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Cristina Aledi Felsemburgh. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia.            ISBN 978-65-5706-080-3            DOI 10.22533/at.ed.803200506</p> <p>1. Engenharia florestal. 2. Empreendedorismo. I. Felsemburgh, Cristina Aledi.</p> <p style="text-align: right;">CDD 361.61</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 2” que foi elaborado para a divulgação de resultados e avanços relacionados às Ciências Florestais. O e-book está disposto em 1 volume subdividido em 16 capítulos. Os capítulos estão organizados de acordo com a abordagem por assuntos relacionados com diversas áreas da Engenharia Florestal. Em uma primeira parte, os capítulos estão de forma a atender as áreas voltadas para a diversidade, abordando a fitossociologia, conservação da vegetação, ecologia e distribuição espacial de espécies. Em uma segunda parte, os trabalhos estão estruturados aos temas voltados para ao crescimento e desenvolvimento de mudas na recuperação ambiental, uso da adubação química e orgânica e ainda à propagação vegetativa e variabilidade genética. Em uma terceira parte, os trabalhos estão voltados para a conservação de espécies em áreas urbanas, planejamento paisagístico e planejamento e gestão de recursos hídricos. Em uma quarta parte, os temas estão relacionados aos produtos florestais, propriedades e indústria da madeira e colheita florestal. E finalizando, em uma quinta parte com um trabalho sobre a utilização de extratos de origem vegetal como alternativa terapêutica. Desta forma, o e-book “Empreendedorismo e Inovação na Engenharia Florestal 2” apresenta resultados relevantes realizados por diversos professores e acadêmicos que serão apresentados neste de forma didática. Agradecemos o empenho e dedicação de todos os autores das diferentes instituições de ensino, pesquisa e extensão, por partilharem ao público os resultados dos trabalhos desenvolvidos por seus grupos de pesquisa. Esperamos que os trabalhos aqui apresentados possam inspirar outros estudos voltados às Ciências Florestais.

Cristina Aledi Felseburgh

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA COM GRUPOS ECOLÓGICOS DO COMPONENTE ARBÓREO ADULTO EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Raquel Elvira Cola Mariana da Silva Leal Stheffany Carolina da Silva Lóz Anne Carolyne Silva Vieira Lucas Galdino da Silva Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto Mayara Dalla Lana Carlos Frederico Lins e Silva Brandão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8032005061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE FLORÍSTICA DE FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO PARA PROJETOS RODOVIÁRIOS	
Denison Lima Correa Juliana Fonseca Cardoso Jorleide Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8032005062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Theobroma speciosum</i> Willd.ex Spreng NA FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI	
Gleysla Gonçalves de Carvalho Fernandes Luana do Carmi Oliveira Ferreira Amanda Nadielle Barros Isoton Danielly Macedo Vieira Gilberto Andersen Saraiva Lima Chaves Álisson Rangel Albuquerque André Luis Macedo Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8032005063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
ACOMPANHAMENTO DO CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE PARICÁ EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DE CARAJÁS	
Kamila da Silva Teles Gonçalves Kessy Jhonnes Soares da Silva Hermogenes Ronilson Silva de Sousa Vanessa Patrícia Berté Kafer Daiane de Cinque Mariano Ângelo Augusto Ebling André Luis Macedo Vieira Cândido Ferreira de Oliveira Neto Ismael de Jesus Matos Viégas Ricardo Shigueru Okumura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8032005064</b>	



**CAPÍTULO 5 ..... 43**

COMPORTAMENTO INICIAL DA *Virola surinamensis* EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Nayra Beatriz de Souza Rodrigues  
Kessy Jhonnes Soares da Silva  
Hermogenes Ronilson Silva de Sousa  
Vitória de Cássia Viana Silva Lima  
Gabriel Costa Galdino  
Daiane de Cinque Mariano  
Ângelo Augusto Ebling  
André Luis Macedo Vieira  
Cândido Ferreira de Oliveira Neto  
Ismael de Jesus Matos Viégas  
Ricardo Shigueru Okumura

**DOI 10.22533/at.ed.8032005065**

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

BIOMASSA E AGREGAÇÃO RADICULAR EM MINIESTACAS DE *Myracrodruon urundeuva* ALLEMÃO

Mellina Nicácio da Luz  
Eder Ferreira Arriel  
Geovanio Alves da Silva  
Rita de Cassia Henriques Delfino  
Erika Rayra Lima Nonato  
Juliana Araújo Leite  
Sérvio Túlio Pereira Justino  
Clícia Martins Benvinda Nóbrega  
Valeska Regina Silva Martins

**DOI 10.22533/at.ed.8032005066**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

CORRELAÇÕES GENÉTICAS E AGRUPAMENTOS DE PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva*

Francieli Alves Caldeira Saul  
Daniele Fernanda Zulian  
Luciane Missae Sato  
Lara Comar Riva  
José Cambuim  
Alexandre Marques da Silva  
Mario Luiz Teixeira de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.8032005067**

**CAPÍTULO 8 ..... 71**

VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO EM PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. EM SELVÍRIA, BRASIL

Francieli Alves Caldeira Saul  
Daniele Fernanda Zulian  
Alexandre Marques da Silva  
Maiara Ribeiro Cornacini  
José Cambuim  
Regivan Antônio de Saul  
Mario Luiz Teixeira de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.8032005068**

**CAPÍTULO 9 ..... 79**

AS FLORESTAS URBANAS SOB A ÓTICA DA CONSERVAÇÃO GENÉTICA

Lara Comar Riva  
Marcela Aparecida de Moraes  
Mayara Aparecida de Moraes  
Mario Luiz Teixeira de Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.8032005069**

**CAPÍTULO 10 ..... 91**

USO DE GEOTECNOLOGIAS NO MAPEAMENTO DA ARBORIZAÇÃO DO BAIRRO BIVAR OLINTO NA CIDADE DE PATOS – PB

Everton Monteiro da Costa  
Marcelo Pereira Dutra Júnior  
Denize Monteiro dos Anjos  
Felipe Silva de Medeiros  
Antonio Amador de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.80320050610**

**CAPÍTULO 11 ..... 102**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Isleia de Oliveira Silva  
Ana Paula Brito de Sousa  
Luiza Layana Oliveira Rodrigues Menezes  
Rayara Barros Silva  
Cristiane Matos da Silva  
Júnior Hiroyuki Ishihara

**DOI 10.22533/at.ed.80320050611**

**CAPÍTULO 12 ..... 111**

ANÁLISE OPERACIONAL DO FORWARDER NO BALDEIRO DE TORAS DE PINUS TAEDA L. EM OPERAÇÃO DE PRIMEIRO DEBATE MISTO.

Daiane Alves de Vargas  
Franciny Lieny Souza  
Jean Alberto Sampietro  
Helen Michels Dacoregio  
Marcelo Bonazza  
Luís Henrique Ferrari  
Vinicius Schappo Hillesheim  
Erasmu Luis Tonett  
Natali de Oliveira Pitz

**DOI 10.22533/at.ed.80320050612**

**CAPÍTULO 13 ..... 118**

EFEITO DO PREPARO DO SOLO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp.

Maurício Leodino de Barros  
Thaís Souza Marques  
Victor Augusto Lopes Maranhão  
Mayara Suellem dos Santos Marinho  
Renata Guilherme Cândido da Silva  
Andreza Rafaella Carneiro da Silva dos Santos  
Vânia Aparecida de Sá

**DOI 10.22533/at.ed.80320050613**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
KRIGAGEM PARA A ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORES DE EUCALIPTO EM ÁREA DE DECLIVE	
Luilla Lemes Alves	
Bruno Oliveira Lafetá	
Ivan da Costa Ilhéu Fontan	
Ícaro Tourino Alves	
Tamires Moussolech Andrade Penido	
Adéliton da Fonseca de Oliveira	
Isadora Azevedo Perpétuo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80320050614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>140</b>
CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA PLÁSTICA E SUA UTILIDADE NA INDÚSTRIA MADEIREIRA	
Yonny Martinez Lopez	
Fabricio Gomes Gonçalves	
Juarez Benigno Paes	
Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho	
Marcos Alves Nicácio	
Emily Soares Gomes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80320050615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>154</b>
ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E MODULADORA DE <i>Eucalyptus camaldulensis</i> DEHN FRENTE À LINHAGENS MULTIRRESISTENTES DE <i>Staphylococcus aureus</i>	
Gil Sander Próspero Gama	
Samuel de Barros Silva	
Raizza Eveline Escórcio Pinheiro	
João Sammy Nery de Souza	
Thiago Pereira Chaves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.80320050616</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>164</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>165</b>

## ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA COM GRUPOS ECOLÓGICOS DO COMPONENTE ARBÓREO ADULTO EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/03/2020

### **Raquel Elvira Cola**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/8989486136372527>

### **Mariana da Silva Leal**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6445342841449541>

### **Stheffany Carolina da Silva Lóz**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/4459244031843803>

### **Anne Carolyne Silva Vieira**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/2800563387668035>

### **Lucas Galdino da Silva**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/0643112265497545>

### **Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/9783177648517463>

### **Mayara Dalla Lana**

IFPE, Campus Garanhuns  
Garanhuns – Pernambuco

<http://lattes.cnpq.br/2920207036414460>

### **Carlos Frederico Lins e Silva Brandão**

UFAL, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6621326598935661>

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise florística e fitossociológica do componente arbóreo adulto em um fragmento de floresta ombrófila densa localizado na Região metropolitana de Recife, Pernambuco. O estudo foi realizado em uma área de 71 ha no município de Moreno onde foram mensurados em 15 parcelas (10 x 20 m) todos os indivíduos arbóreos com Circunferência a altura do Peito (CAP)  $\geq 15$  cm, além da mensuração da altura e identificação botânica das espécies. Em cima desses dados foi analisado a florística e os parâmetros fitossociológicos além da identificação das espécies em grupos ecológicos. Os parâmetros fitossociológicos identificaram como espécies de maior valor de importância, em ordem decrescente, as seguintes: *Tapirira guianensis*, *Miconia prasina*,

*Protium heptaphyllum*, *Schefflera morototoni* e *Inga edulis*. A classificação de grupos ecológicos evidenciou maior quantidade de espécies Secundárias Iniciais (51%). Através das médias de diâmetro (8,98 cm) e altura (7,30 m), o trecho analisado foi classificado em estágio médio de regeneração.

**PALAVRAS-CHAVE:** mata atlântica, fitossociologia, estrutura horizontal, diversidade arbórea.

## PHYTOSOCIOLOGICAL STRUCTURE WITH ECOLOGICAL GROUPS OF THE ADULT TREE COMPONENT IN A FOREST FRAGMENT OF DENSE OMBROPHYLOUS FOREST OF THE STATE OF PERNAMBUCO

**ABSTRACT:** The objective of this work was to do a floristic and phytosociological analysis of the tree component in a dense ombrophyllous forest fragment. The study was made in an area of 71 ha in the municipality of Moreno, where individuals with CAP  $\geq$  15 cm of 15 plots were measured, in addition to height measurements and botanical species identification. On top of these data, floristics and phytosociological parameters were analyzed, as well as the identification of species in ecological groups. The phytosociological parameters identified as the most important species, in decreasing order, the following: *Tapirira guianensis*, *Miconia prasina*, *Protium heptaphyllum*, *Schefflera morototoni* and *Inga edulis*. The ecological groups classification pointed a greater amount of Initial Secondary species (51%). Through the averages of diameter (8.98 cm) and height (7.30 m), the analyzed stretch was classified as being in a medium stage of regeneration.

**KEYWORDS:** atlantic forest, phytosociology, horizontal structure, tree diversity.

### 1 | INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal natural de um determinado território é uma expressão local da vegetação aos fatores ambientais como o solo, o clima e a topografia. É o resultado da adaptação, interação e evolução das espécies que se instalaram em determinado ambiente (FLORIANO, 2014).

Neste contexto, a Floresta Atlântica, em particular com fisionomia de ombrófila densa, é considerada um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta, devido ao vasto número de espécies endêmicas, e um elevado grau de ameaça aos seus remanescentes florestais prejudicando sua riqueza biológica (GUEDES, 2016).

Devido a sua importância, estudos são extremamente necessários, dessa forma, levantamentos fitossociológicos se tornam importantes pois geram dados qualitativos e quantitativos que permitem fazer a avaliação momentânea da estrutura e o grau de conservação da vegetação e têm como objetivo a descrição

das características quantitativas das comunidades vegetais naturais de maneira sistematizada, abrangendo a composição florística, a estrutura horizontal e vertical da vegetação com suas associações e os relacionamentos entre as espécies e sua distribuição (NEGRELLE 2016).

Conforme Callegaro et al. (2016), outra forma de conhecer sua estrutura é quanto da composição das categorias sucessionais a partir da classificação das espécies em grupos ecológicos, a mesma se torna uma ferramenta essencial para o entendimento do funcionamento de uma floresta, seja para uso no manejo, conservação ou restauração florestal.

Desta forma, é possível avaliar através de parâmetros fitossociológicos as espécies e caracterizá-las quanto ao estágio de desenvolvimento, qualidade e produtividade (DIONISIO et al., 2016). Diante do exposto o objetivo principal deste trabalho foi de realizar um levantamento florístico e fitossociológico com a classificação sucessional do componente arbóreo em um remanescente florestal no município de Moreno – PE.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado em um fragmento florestal cuja fisionomia é de floresta ombrófila densa, localizado no município de Moreno, no estado de Pernambuco à aproximadamente 33 km da capital do estado, Recife (Figura 1). O município de Moreno está localizado na mesorregião metropolitana e na Microrregião Recife do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com São Lourenço da Mata, a sul com o Cabo de Santo Agostinho, a leste com Jaboatão dos Guararapes e a Oeste com Vitória de Santo Antão (CPRM, 2005). O clima da região é tropical chuvoso, uma temperatura média de 24.5 °C, e tem como índice pluviométrico de 1.271 mm/ano (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

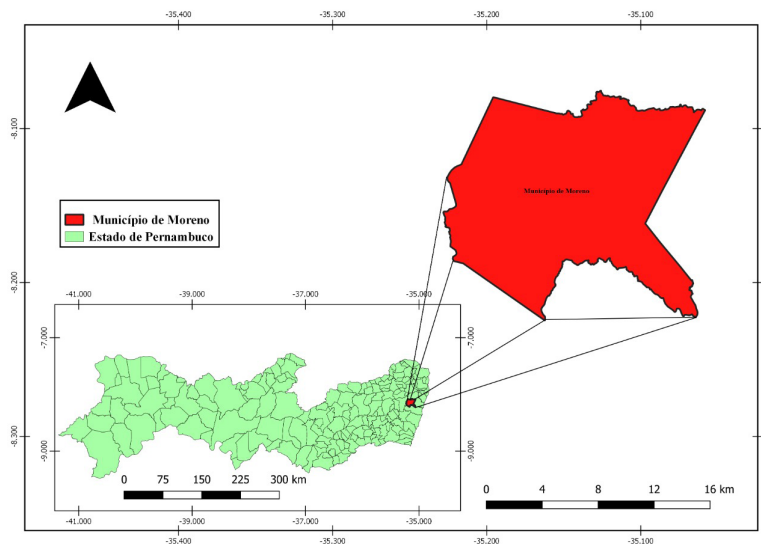


Figura 1. Localização do município de Moreno – PE.

## Coleta e análise de dados

Em toda a área estudada (71 ha), foram colocadas 15 parcelas de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>) gerando uma área amostral de 3.000m<sup>2</sup> (Figura 2). Nas parcelas foram consideradas todas as árvores mensuráveis com CAP ≥15 cm. A altura dos indivíduos que se enquadravam no levantamento foi estimada com auxílio de uma régua graduada em metros (m) e quando da impossibilidade da utilização desta, houve a estimativa visual. A identificação botânica procedeu-se *in loco* para cada uma das árvores amostradas com auxílio de um especialista e a grafia dos nomes científicos foi confirmada por meio de consultas online ao banco de dados do Missouri Botanical Garden (TROPICOS, 2017) e Lista de Espécies da Flora do Brasil. As nomenclaturas adotadas nessa pesquisa seguem o padrão sugerido pelo Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016).



Figura 2. Distribuição das parcelas alocadas no fragmento florestal de Moreno – PE.

Para a fitossociologia do componente arbóreo, foram realizados os cálculos dos parâmetros fitossociológicos (MARTINS, 1993) como densidade, densidade relativa, dominância, dominância relativa, frequência, frequência relativa e valor de importância (VI), que representa a soma dos valores relativos dos três parâmetros anteriormente citados (dominância, densidade e frequência).

Além dos parâmetros fitossociológicos foi calculado a diversidade florística através do Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ). Nesse índice os indivíduos são amostrados de forma aleatória a partir de um conjunto infinitamente grande, considerando também que todas as espécies estão representadas na amostra (MARTINS, 1993).

Para o cálculo dos parâmetros fitossociológicos e também do índice de diversidade de Shannon, foi utilizado o Microsoft *office* Excel.

A classificação dos grupos ecológicos foi realizada de acordo com Budowski (1965), dessa forma as espécies foram distribuídas em: (i) Pioneira, que possuem rápido crescimento, pequeno porte e preferência por luminosidade; (ii) Secundária inicial, com preferência de intensidades médias de luminosidade, possuem porte médio e sobrevivem por mais tempo que as pioneiras; (iii) Secundária tardia, que necessitam de sombreamento, são da grande porte e longevas e se estabelecem no sub-bosque.

As espécies sem identificação ou identificadas ao nível de família ou em gênero não sendo possível identificar suas características ecológicas, foram classificadas como sem caracterização.



### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 15 parcelas amostradas, foram encontradas 54 espécies arbóreas, pertencentes 29 famílias botânicas, entre elas 45 foram identificadas no nível específico (3 delas exóticas invasoras), 6 em nível de gênero, 2 em nível de família, 1 espécie não foi identificada (Tabela 1).

Família	Espécie	Grupos ecológicos
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Secundária inicial
	<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	Secundária inicial
	<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	Secundária inicial
Annonaceae	<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	Secundária inicial
	<i>Guatteria</i> sp.	Sem caracterização
Apocynaceae	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Pioneira
	<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson	Secundária inicial
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	Pioneira
Arecaceae	<i>Elaeis guianensis</i> Jacq.	Exótica invasora
Bursaceae	<i>Protium aracouchini</i> (Aubl.) Marchand	Secundária inicial
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Secundária inicial
Celastraceae	<i>Maytenus distichophylla</i> Mart. ex Reissek	Secundária inicial
	<i>Inga capitata</i> Desv.	Secundária inicial
	<i>Inga edulis</i> Mart.	Pioneira
Fabaceae	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Secundária inicial
	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Secundária tardia
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Pioneira
Hypericaceae	<i>Tachigali densiflora</i> (Benth.) L.G.Silva & H.C.Lima	Secundária inicial
	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira
Lauraceae	<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez <i>Ocotea</i> sp.	Secundária inicial

Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Pioneira
	<i>Ocotea glomerata</i> (Nees) Mez	Secundária inicial
Lauraceae	<i>Ocotea</i> sp.	Secundária inicial
	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart ex Miers	Secundária tardia
Lecythidaceae	<i>Gustavia augusta</i> L.	Secundária tardia
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Secundária inicial
	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Pioneira
Malvaceae	<i>Eriotheca macrophylla</i> (K.Schum.) A.Robyns	Secundária tardia
	<i>Luehea paniculata</i> Mart.	Secundária tardia
	<i>Miconia hypoleuca</i> (Bonpl.) Triana	Secundária inicial
Melastomataceae	<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	Pioneira
	<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	Secundária inicial
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Secundária inicial
	<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	Secundária inicial
	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.	Secundária tardia
Moraceae	<i>Sorocea hilarii</i> Gaudich.	Secundária inicial
	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Exótica invasora
Myristicaceae	<i>Virola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	Secundária tardia
	<i>Campomanesia</i> sp.	Sem caracterização
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Secundária inicial
Myrtaceae	<i>Myrcia sylvatica</i> (G.Mey.) DC.	Secundária inicial
	Myrtaceae	Sem caracterização
	<i>Syzygium cumini</i> L.	Exótica invasora
	<i>Guapira</i> sp.	Sem caracterização
Nyctaginaceae	Nyctaginaceae	Sem caracterização
Ochnaceae	<i>Ouratea hexasperma</i> (A. St.-Hil.) Baill.	Secundária inicial
Peraceae	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	Secundária inicial

Phyllanthaceae	<i>Richeria grandis</i> Vahl	Pioneira
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp.	Pioneira
Rubiaceae	<i>Alseis floribunda</i> Schott	Pioneira
Salicaceae	<i>Casearia javitensis</i> Kunth	Secundária inicial
Sapindaceae	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	Secundária inicial
Sapotaceae	<i>Pouteria</i> sp.	Secundária tardia
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Secundária inicial
Urticaceae	<i>Cecropia</i> sp.	Pioneira
	Indeterminada 1	Sem caracterização

Tabela 1. Lista de espécies encontradas com seu respectivo grupo ecológico no fragmento florestal de Moreno – PE.

Em relação às famílias botânicas, percebe-se que a família Fabaceae foi a mais importante em termos de riqueza (seis espécies) seguido da Myrtaceae com cinco espécies, Annonaceae, com quatro espécies; Moraceae, Melastomataceae e Malvaceae, ambas com três espécies.

De acordo com Lewis et al. (2005), a família Fabaceae é uma das maiores famílias botânicas com ampla distribuição geográfica em todo planeta, compreendendo 727 gêneros e 19 325 espécies. No Brasil ocorre cerca de 198 gêneros distribuídas em cerca de 3.100 espécies. Essas espécies apresentam múltiplos usos como, por exemplo, a fixação biológica de nitrogênio, considerada o papel mais relevante dentro dos ecossistemas, o que possibilita a recuperação e manutenção do solo em ambientes perturbados (SOUZA; AGUIAR, 2009).

Outra família que merece destaque é a Myrtaceae. Esta família compreende cerca de 100 gêneros e 3.500 espécies de árvores e arbustos que se distribuem por todos os continentes, com nítida predominância nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (MARCHIORI; SOBRAL, 1997). Myrtaceae é uma das famílias lenhosas dominantes em várias formações vegetais brasileiras, especialmente na Floresta Atlântica onde existe cerca de 50 espécies conhecidas (GUILHERME et al., 2004). Estas espécies possuem a ampla capacidade de dispersão e de atração de fauna (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000).

Em relação ao levantamento florístico, foi observado a existência de espécies invasoras no estudo. São elas: *Elaeis guianensis*; *Artocarpus heterophyllus* e *Syzygium cumini*.

De acordo com Leão et al, em 2011, relatam que a espécie *Elaeis guianensis* é uma palmeira, originária da costa ocidental da África, invade fragmentos florestais e dominam as espécies nativas do local, formando adensamentos.

Os mesmos autores afirmam também que a *Artocarpus heterophyllus* é nativa da Índia e Península da Malásia e seus efeitos como exótica invasora do Brasil se dão através da ocupação de áreas florestais e substituição da vegetação nativa, inibindo a germinação de sementes por alelopatia. Já a *Syzygium cumini*, natural de quase todo subcontinente indiano, invade preferencialmente áreas de florestas secundárias e agrícolas abandonadas.

Em relação aos parâmetros fitossociológicos encontrados, o presente estudo permitiu a mensuração de 433 indivíduos gerando uma densidade de 1.443 ind.ha<sup>-1</sup>, valor acima do encontrado por Lima et al. (2017) em Pombos – PE, cuja densidade apresentada foi de 609 ind.ha<sup>-1</sup> e próximo ao encontrado por Cola et al. (2019) com 1.395 ind.ha<sup>-1</sup>, em Paulista – PE. A área basal estimada foi de 13,35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, valor acima do que foi encontrado no trabalho de Cola et al. (2019), com uma área basal total de 11,2 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>.

Em relação a ordem decrescente de valor de importância (VI), segue na Figura 3 as espécies com maior VI do remanescente florestal.

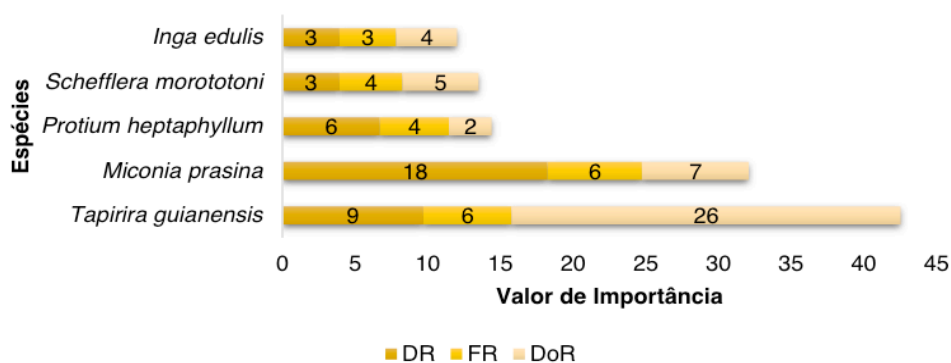


Figura 3. Cinco espécies com maior valor de importância (VI), representado pela soma de densidade (DR), frequência (FR) e dominância (DoR) relativas, no fragmento florestal de Moreno – PE.

A espécie de maior valor de importância (VI) da área de estudada foi a *Tapirira guianensis* (42,54). É uma espécie pioneira com ampla ocorrência podendo ser encontradas na restinga e em diversas formações da floresta atlântica.

Quase que com as mesmas características está a segunda espécie de maior VI, *Miconia prasina* (32,1), também considerada uma espécie pioneira com ampla distribuição em áreas de restinga e floresta atlântica por todo Nordeste. São espécies presentes nas bordas de remanescentes florestais e em médias e grandes clareiras (LORENZI, 2016).

A terceira espécie mais importante, *Protium heptaphyllum*, é nativa do Brasil ocorrendo principalmente em terrenos arenosos, úmidos ou secos, e áreas ciliares úmidas. Está presente tanto em formações florestais primárias como secundárias. É heliófita, perenifólia e é disseminada por pássaros (LORENZI, 1992).

O morototó, ou *Schefflera morototoni*, possui ampla distribuição e é adaptada à diferentes tipologias florestais, como florestas altas e densas de terra firme, capoeiras, capoeirões, margens de estradas e savanas (OHASHI e LEÃO, 2005). Por isso, dependendo do local, sua classificação sucessional varia. Em Pernambuco, é classificada como pioneira.

A *Inga edulis*, também conhecida como ingá-cipó, tem ocorrência no território amazônico brasileiro e em toda a costa do país desde o Rio Grande do Norte até Santa Catarina. De acordo com suas informações ecológicas, essa espécie é semdecídua, heliófita, seletiva higrófila e pertence ao grupo ecológico das pioneiras. Se faz presente em áreas de capoeira, com solos de baixada onde, durante o período chuvoso, alagam (LORENZI, 1998).

O índice de diversidade de Shannon neste estudo foi de 3,34 nats.indivíduo<sup>-1</sup>. Valor este próximo dos encontrados nos trabalhos descritos por Cola et al. (2019) e Lima et al. (2017) que foram, respectivamente, 3,44 e 4,00 nats.ind<sup>-1</sup> por hectare.

De acordo com a Figura 4, em relação aos grupos ecológicos das espécies amostradas, 51% foram classificadas como secundárias iniciais, 21% como pioneiras, 16% como secundárias tardias e 12% como sem caracterização. Somando as espécies pioneiras e secundárias iniciais é possível verificar que a área se encontra em estágio inicial a médio de sucessão e que juntamente com os parâmetros de densidade e área basal percebe-se que está em desenvolvimento.

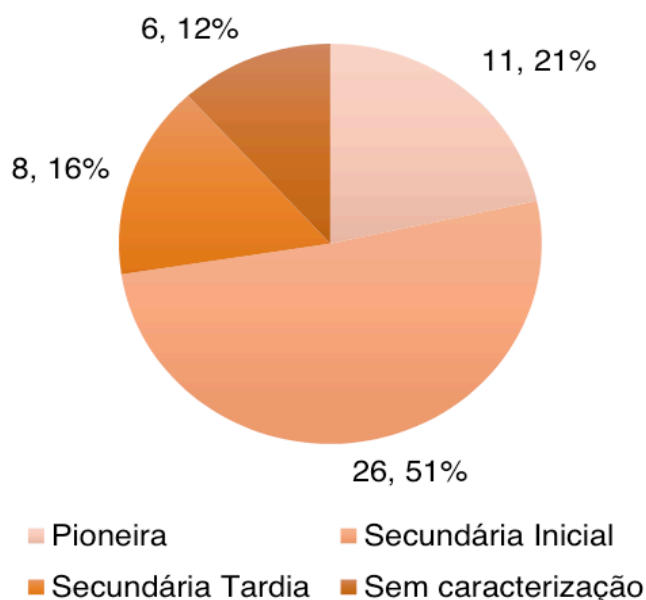


Figura 4. Classificação sucessional das espécies encontradas no fragmento florestal de Moreno – PE.

Os indivíduos do trecho analisado obtiveram uma média de 8,98 cm de

diâmetro e 7,30 m de altura. Esses valores, juntamente com a presença de algumas espécies arbóreas como a *Tapirira guianensis*, *Protium heptaphyllum*, *Inga* sp., de acordo com a Resolução CONAMA nº 31 de 7 de dezembro de 1994, classificam essa área como estando em estágio médio de regeneração.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies *Tapirira guianensis* e *Miconia prasina* foram as que apresentaram um maior valor de importância (VI) no fragmento.

Os parâmetros de densidade (1.443 ind.ha<sup>-1</sup>) e dominância (13,35 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>), ou área basal, juntamente com os grupos ecológicos das espécies arbóreas amostradas demonstra que o fragmento se apresenta em estágio médio de sucessão, dado o grande número de espécies secundárias iniciais somadas às pioneiras, demonstrando que o remanescente se encontra em desenvolvimento.

A classificação dos grupos ecológicos evidenciou a predominância de espécies Secundárias Iniciais (51%), seguidas das espécies Pioneiras (21%) e Secundárias Tardias (16%), respectivamente.

Através da média de diâmetro (8,98 cm) e de altura (7,30 m), juntamente com as espécies encontradas, o fragmento é classificado em estágio médio de regeneração, demonstrando a importância de sua conservação para assegurar a regeneração e o desenvolvimento dos processos ecológicos da área.

#### REFERÊNCIAS

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [s. l.], n. 181, p. 1-20, 2016.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes**. Turrialba, San José, v.15, n.1, p. 40-42, 1965.

CALLEGARO, R. M. et al. Composição das categorias sucessionais na estrutura horizontal, vertical e diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista Montana. **Agrária**, Recife, v.11, n.4, p.350-358, 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Moreno**. <https://pt.climate-data.org/location43135>. Acesso em: 02 de abril de 2018.

COLA, R. E. et al. Fitossociologia e síndrome de dispersão em um trecho de floresta atlântica, em Paulista – PE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 15, n. 3, ed. Especial, p. 213-218, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v15i3.1181>. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/1181>. Acesso em: 28 fev. 2020.

CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Moreno, estado de Pernambuco**. Recife, v. 1, n. 1, 2005. 11p.

DIONISIO, L. F. S. et al. Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no

estado de Roraima, Brasil. **Revista Agro@ambiente online**, v. 10, n. 3, 2016. p. 243-252.

FLORIANO, E. P. **Fitossociologia florestal**. Rio Grande do Sul: São Gabriel, ed. 1, 2014. 136p.

GUEDES, J.; KRUPEK, R. A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de floresta ombrófila densa do estado de São Paulo. **Revista Acta Biológica Catarinense**, Joinville – SC, Unville, v. 3, n. 1, 2016. p. 12-24.

GUILHERME, F.A.G., MORELLATO, L.P.C., ASSIS, M.A. Horizontal and vertical tree community structure in a lowland Atlantic rain forest, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p. 725-737, 2004.

LEWIS, G. P.; SCHIRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the world**. Kew Publishing, 2005. 592 pp.

LIMA, R. B. de A. et al. Estrutura fitossociológica e diamétrica de um fragmento de mata atlântica, Pernambuco, Brasil. **Desafios**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 143-153, dez. 2017. <https://doi.org/10.20873/ufv.2359-3652.2017v4n4p143>.

LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em [www.floradobrasil.jbrj.gov.br](http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br). Acesso em 25 fevereiro 2020.

LEÃO, T. C. C. et al. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**. Recife: CEPAN, 2011. 99 p. ISBN 978-85-64352-00-1.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa - SP: Editora Plantarum, 1992. 384 p. v. 1.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. 384 p. v. 2. ISBN 85-86714-07-0.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, ed. 7, 2016. 384p.

MARCHIORI, J.N.C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas: Myrtales**. Editora da UFSM, Santa Maria, 1997.

MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1993. 245p.

NEGRELLE, R. R. B. Composição e estrutura do componente arbóreo de Mata com Acuri no Pantanal Matogrossense, Brasil. **Revista Ciência Florestal**. v.26 n.2, 2016.

OHASHI, S. T.; LEÃO, N. V. M. **Morototó: *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin**. Belém - PA: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2005. n. 12. 2 p. ISSN 1679-8058.

OLIVEIRA FILHO, A.T. & FONTES, M.A. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, p. 793-810, 2000.

**RESOLUÇÃO CONAMA**, n. 31, 7 dez. 1994. In: Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

SOUZA, L. A. G., AGUIAR, A. M. C. S. P. **Contribuição para o check-list das Fabaceae de Pernambuco**. Opção Gráfica, Natal. 2009. 172 p.

TROPICOS. 2017. **Missouri Botanical Garden**. Disponível em <https://www.tropicos.org/>. Acesso em 25 fevereiro 2020.

## ANÁLISE FLORÍSTICA DE FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO PARA PROJETOS RODOVIÁRIOSW

Data de aceite: 12/05/2020

Data da submissão: 22/01/2020

### Denison Lima Correa

Universidade do Estado do Pará, Campus VI,  
Paragominas, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/2263930356140291>

### Juliana Fonseca Cardoso

Universidade do Estado do Pará, Campus VI,  
Paragominas, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/391522592394718>

### Jorleide Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia,  
Paragominas, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/5272917291962248>

**RESUMO:** Esta investigação teve como objetivo avaliar a composição florística e estrutura fitossociológica de espécies através de um inventário florestal em uma área de 49,12 (quarenta e nove e doze) hectares referente a 45 km de extensão da BR 316, localizada entre os municípios de Castanhal/PA a Santa Maria do Pará/PA, e o início do perímetro urbano da comunidade Jeju. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Af, ou seja, clima tropical húmido ou clima equatorial. Para o levantamento fitossociológico, foi realizado

um inventário a 100% na área considerando o raio de 30 metros as margens do acostamento para ambos os lados da rodovia, do qual foram mensurados todos os indivíduos com diâmetro igual ou superior a 10 cm a altura do peito de (1,30m). Foram amostrados 449 indivíduos, pertencentes a 27 famílias, 60 gêneros e 72 espécies. As espécies que apresentaram maior valor de cobertura (VC) foram: *Mangifera indica* L., *Acacia spp.*, *Tapirira guianensis* Aubl., *Abarema jupunba* Willd., *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Anacardium occidentale* L., *Syzygium jambos* L., *Alston*, *Hevea brasiliensis* Willd. ex A.Juss. e *Spondias mombin* L., enquanto as famílias que se destacaram foram Anacardiaceae (34,07%), Fabaceae (13,37%), Moraceae (9,89%), Euphorbiaceae (5,45%) e Myrtaceae (5,41%). O índice de diversidade ( $H'$ ) foi de 3,49 nats/indivíduo e o valor de equabilidade (J) foi de 0,82. Diante disso, pode-se concluir que o ambiente florestal estudado possui grande diversidade florística, corroborando a alta diversidade estimada através da estrutura horizontal montada da área, caracterizado como semelhança a áreas em transição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inventário. Estrutura Horizontal. Fitossociologia.



**ABSTRACT:** This research aimed to evaluate the floristic composition and phytosociological structure of species through a forest inventory in an area of 49.12 (forty-nine and twelve) hectares referring to 45 km of BR 316, located between the municipalities of Castanhal / PA to Santa Maria do Pará / PA, and the beginning of the urban perimeter of the Jeju community. The climate of the region, according to the Köppen classification, is Af type, ie humid tropical climate or equatorial climate. For the phytosociological survey, a 100% inventory was carried out in the area considering the 30-meter radius of the shoulder of both sides of the road, from which all individuals with a diameter equal to or greater than 10 cm at breast height were measured of (1.30m). A total of 449 individuals from 27 families, 60 genera and 72 species were sampled. The species with the highest coverage value were: *Mangifera indica* L., *Acacia* spp., *Tapirira guianensis* Aubl., *Abarema jupunba* Willd., *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Anacardium occidentale* L., *Syzygium jambos* L. Willili *brasiliensis*. ex A.Juss. and *Spondias mombin* L., while the families that stood out were Anacardiaceae (34.07%), Fabaceae (13.37%), Moraceae (9.89%), Euphorbiaceae (5.45%) and Myrtaceae (5.41). %. The diversity index ( $H'$ ) was 3.49 nats / individual and the equability value (J) was 0.82. Given this, it can be concluded that the forest environment studied has great floristic diversity, corroborating the high estimated diversity through the horizontal structure of the area, characterized as similarity to areas in transition.

**KEYWORDS:** Inventory. Horizontal structure. Phytosociological.

## 1 | INTRODUÇÃO

Legitimado pela Instrução Normativa IN 08 datada de 28 de outubro de 2015, a qual estipula os procedimentos adequados para a limpeza ou supressão de áreas passíveis de instalação de empreendimentos. Dentro da conjuntura dos empreendimentos, a instrução cita as tipologias que necessitam de supressão, dentre elas a normativa menciona que, para a criação de rodovias é necessário o processo de retirada da cobertura vegetal. Um dos parâmetros para tal investidura é o estudo florístico e fitossociológico da área a ser suprimida.

Segundo Chaves et al., (2013) definem fitossociologia como a ciência das comunidades vegetais ou o conhecimento da vegetação em seu sentido mais amplo, que por sua vez explica o quantitativo da composição florística, estrutura, dinâmica e as relações ambientais das comunidades vegetais. O mesmo autor destaca ainda que, os estudos fitossociológicos são de grande relevância para a preservação de floresta, pois auxiliam no levantamento de informações qualitativas e quantitativas da biota local, possibilitando desse modo a melhor forma de manejar uma determinada área.

Este tipo de estudo da vegetação permite colaborar com a minimização da escassez de informações sobre as características das espécies locais, possibilitando um melhor planejamento para uso terra e dos seus recursos florestais, evitando perdas que poça levar à problemas tanto de ordem econômica quanto ecológica.

Nesse sentido, Fonseca e Carvalho (2012) relatam que os fragmentos florestais urbanos estão sujeitos a impactos antrópicos frequentes devido a constante proximidade com áreas urbanas, esse fato, tendência o aparecimento de estruturas tipicamente secundárias. Nessa conjuntura, conhecer a biodiversidade remanescente em fragmentos de vegetação de uma cidade é um passo importante para embasar todo e qualquer tipo de políticas de conservação do meio ambiente.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a composição florística e estrutura fitossociológica de espécies através de um inventário florestal em uma área de 49,12 (quarenta e nove e doze) hectares referente a 45 km de extensão da BR 316, localizada entre os municípios de Castanhal/PA a Santa Maria do Pará/PA, e o início do perímetro urbano da comunidade Jeju.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no trecho de duplicação da BR 316, localizado entre os municípios de Castanhal a Santa Maria do Pará, e o início do perímetro urbano da comunidade Jeju no estado do Pará. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Af, ou seja, clima tropical húmido ou clima equatorial (PEEL et al., 2007).

Lima et al., (2016) caracterizaram as temperaturas médias anuais na faixa de 26°C com máximas de 35°C e mínimas de 20°C, apresentando umidade relativa do ar média de 80% e precipitação média anual de 2.000 a 2.500 mm. Os mesmos autores apontam a classificação do solo como do tipo Latossolo Amarelo distrófico com horizonte B latossólico.

A cobertura vegetal está sob domínio da floresta ombrófila densa (VELOSO; GÓES FILHO, 1982) ou floresta densa de terra-firme. Souza et al., (2011) encontraram em menores proporções formações vegetativas secundárias, caracterizadas como capoeira originadas a partir perturbações antrópicas ao longo da ocupação na região.

### 2.2 Metodologia

Com o intuito de se conseguir uma caracterização da flora arbórea local, foi

realizado um inventário a 100% em uma área de 49,12 hectares considerando o raio de 30 metros as margens do acostamento para ambos os lados da rodovia, do qual foram mensurados todos os indivíduos com diâmetro igual ou superior a 10 cm a altura do peito de (1,30m). Durante a coleta, foram registrados os seguintes dados: nome comum dos indivíduos, a altura comercial, DAP, numeração da placa da árvore catalogada bem como as coordenadas de localização de cada indivíduo.

Os parâmetros fitossociológicos considerados para a análise estrutura horizontal foram calculados conforme as fórmulas descritas em Curtis & McIntosh (1950, 1951); Lamprecht (1964); Brower & Zar (1984). Foram calculados valores relativos e absolutos de densidade, frequência e dominância, índice de valor de cobertura e o índice de valor de importância

Os valores de florística foram estimados pelo índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade pelo índice de Pielou (J'), descritos em Brower & Zar (1984).

Ambas as análises dos dados e as análises gerais foram realizadas utilizando o software *Microsoft Excel*.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 49,12 hectares foram amostrados 449 indivíduos, pertencentes a 27 famílias, 60 gêneros e 72 espécies. Dessas espécies, 1 a nível de família, 61 foram determinadas em nível específico e 10 em nível de gênero. Foram encontradas 25 “espécies raras” ou “localmente raras” (5,56%). A família Fabaceae foi a que apresentou maior número de espécies, 14 no total, seguida de Arecaceae e Anacardiaceae (08); Lecythidaceae (06); Bignoneaceae (04); Annonaceae, Malvaceae e Myrtaceae (03); Caryocaraceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Moraceae e Rutaceae (02) as outras famílias apresentaram apenas 1 espécie (Tabela 1).

Família	Espécie	Nome comum	N
Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i> W. Hancock ex Engl.	Cajueiro - Açú	2
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	18
	<i>Bagassa</i> spp.	Amaparana	3
	<i>Mangifera indica</i> L.	Mangueira	61
	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	11
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tatapiririca	34
	Não identificada	Não identificada	2
	<i>Tapirira</i> spp.	Tatapiririca Vermelha	4
Annonaceae	<i>Annona mucosa</i> Jacq.	Envira Biribá	1
	<i>Bocageopsis multiflora</i> Mart.	Envira Preta	10
	<i>Xylopia nitida</i> Dunal	Envira Cana	2

	<i>Acromia aculeata</i>	Mucajá	6
	<i>Astrocaryum spp.</i>	Tucumã	4
	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunheira	1
<b>Arecaceae</b>	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coqueiro	12
	<i>Elaeis guianensis</i> , Jacq.	Dendê	1
	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaizeiro	10
	<i>Maximiliana maripa</i> Aubl.	Inajá	1
	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Bacaba	1
	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Para Para	1
<b>Bignoneaceae</b>	<i>Tabebuia heptaphylla</i> Vell.	Ipê - Roxo	8
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê Branco	1
	<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) G. Don	Ipê-Amarelo	2
<b>Burseraceae</b>	<i>Protium sp. Trattinickia burserifolia</i> (Mart.) Willd.	Breu - Sucuruba	2
	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Piquiá	2
<b>Caryocaraceae</b>	<i>Caryocar glabrum</i> Aubl.	Piquiarama	1
<b>Cecropiaceae</b>	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Embaúba Branca	1
	<i>Platonia insignis</i> Mart	Bacuri	1
<b>Clusiaceae</b>	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Anani	2
<b>Combretaceae</b>	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertn.	Tinteiro	2
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Hevea brasiliensis</i> Willd. ex A.Juss.	Seringueira	11
	<i>Sapium marmieri</i> Huber R.	Murupita	8
	<i>Abarema jupunba</i> Willd.	Saboeiro	24
	<i>Acacia farnesiana</i> L. Willd	Acacia Amarela	1
	<i>Acacia mangium</i> Willd	Acácia	8
	<i>Acacia spp.</i>	Acácia Vermelha	45
	<i>Cassia leiandra</i> Benth.	Mari Mari	1
	<i>Diptotropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	Paricarana	7
<b>Fabaceae</b>	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Cumarú	1
	<i>Inga heterophylla</i> Willd.	Ingá Vermelho	2
	<i>Inga spp.</i>	Ingazeiro	11
	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms.	Buiuçu	1
	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Tento Branco	2
	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	Fava - Folha Fina	2
	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Mututi	2
	<i>Pterocarpus spp</i>	Muruti Branco	3
<b>Goupiaceae</b>	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiuba	1
<b>Hypericaceae</b>	<i>Vismia guianensis</i> Aubl.	Lacre Vermelho	2
<b>Lamiaceae</b>	<i>Tectona grandis</i> L. f.	Teca	4
	<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez	Louro - Pimenta	1
<b>Lauraceae</b>	<i>Persea americana</i> Miller	Abacateiro	1
	<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanheira	2
	<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm.	Tauari	1
<b>Lecythidaceae</b>	<i>Eschweilera coriacea</i> (A.DC) Mori	Mata Mata	2
	<i>Eschweilera spp.</i>	Mata Mata Murrão	3
	<i>Lecythis chartacea</i> O. Berg	Jarana	1
	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Sapucaia	12
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Sumauma	2
<b>Malvaceae</b>	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba	1
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Mamorana	5

<b>Meliaceae</b>	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro-Branco	1
<b>Moraceae</b>	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Jaqueira	21
	<i>Ficus clusiifolia</i> Schott.	Apui	1
<b>Myristicaceae</b>	<i>Virola surinamensis</i> (Rol. ex Rottb.) Warb.	Ucuuba	7
<b>Myrtaceae</b>	<i>Myrciaria cauliflora</i> (Mart.) O.Berg	Jabuticaba	1
	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	Ameixeira	6
	<i>Syzygium jambos</i> L. Alston	Jambeiro	17
<b>Poaceae</b>	<i>Barbusa</i> spp.	Bambú	2
<b>Rubiaceae</b>	<i>Genipa americana</i> L.	Genipapo	2
<b>Rutaceae</b>	<i>Citrus</i> spp.	Laranjeira	2
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tamanqueira	2
<b>Sapindaceae</b>	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Pintadinho	1
<b>Sapotaceae</b>	<i>Sideroxylon</i> spp.	Mangabarana	1
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathlage	Embaúba Vermelha	11

Tabela 1. Espécies arbóreas e suas respectivas famílias encontradas na BR 316, localizada entre os municípios de Castanhal/PA a Santa Maria do Pará/PA, e o início do perímetro urbano da comunidade Jeju.

Fonte: autores, 2020.

A realização da técnica de censo florestal a 100% de uma população é raramente praticável, pois requer maiores custos e tempo quando executadas, porém, a confiabilidade e precisão desse método é considerado maior quando comparados com a metodologia amostral (FREITAS & MAGALHÃES, 2012).

A Tabela 2 apresenta o parâmetro fitossociológico das espécies amostradas. A mais abundante foi *Mangifera indica* L. (DR=13,58%), seguida de *Acacia* spp. (10,02%), *Tapirira guianensis* Aubl. (7,57%), *Abarema jupunba* Willd. (5,34%), *Artocarpus heterophyllus* Lam. (4,67%) e *Anacardium occidentale* L. (4,00%) e *Syzygium jambos* L. Alston (3,78%) que juntas abarcam 48,99% do número total de indivíduos.

A mesma tabela ainda infere que os maiores IVC foram *Mangifera indica* L., *Acacia* spp., *Tapirira guianensis* Aubl., *Abarema jupunba* Willd., *Artocarpus heterophyllus* Lam., *Anacardium occidentale* L., *Syzygium jambos* L., Alston, *Hevea brasiliensis* Willd. ex A.Juss. e *Spondias mombin* L. Essas nove espécies juntas representam 61,28% do valor total do valor de cobertura.

No levantamento estrutural, as cinco famílias com maior VC foram Anacardiaceae (34,07%), Fabaceae (13,37%), Moraceae (9,89%), Euphorbiaceae (5,45%) e Myrtaceae (5,41%) (Figura 1). Essas cinco famílias somaram 68,19% do VC.

Dentre os indivíduos catalogados identificaram-se espécies denominadas “raras” ou “localmente raras”, ou seja, com apenas um indivíduo por hectare, desse montante pode-se citar *Annona mucosa* Jacq., *Maximiliana maripa* Aubl., *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Caryocar*

*glabrum* Aubl., *Acacia farnesiana* L.Willd, *Cassia leiandra* Benth, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Goupia glabra* Aubl, *Couratari stellata* A.C.Sm., *Lecythis chartacea* O. Berg e *Cedrela odorata* L como espécies de valor comercial na região norte do país.

O percentual de espécies raras encontrado foi considerado alto, este fato pode estar associado ao tipo de vegetação encontrada, com presença de alterações antrópicas, além da composição natural do bioma amazônico caracterizado por poucas espécies abundantes e muitas espécies raras (MUNIZ et al., 1994; IVANAUSKA et al., 2004). Tal característica, agrega significativamente para a ampliação da diversidade florística de uma comunidade.

O aspecto florístico da área com relação a composição das famílias encontradas no local corrobora com outros estudos realizados na região Amazônica (CARIM et al., 2013; CONDÉ e TONINI, 2013 e PEREIRA et al., 2011). Onde a quantidade de indivíduos e a riqueza de espécies contribuem efetivamente para supremacia destas famílias, sendo responsáveis pela característica da floresta.

O destaque de *Mangifera indica* L. e *Acacia spp.* nesta comunidade florestal ocorreu devido aos altos valores encontrados de densidade e dominância relativas. Em estudos realizados por Souza (2013) em floresta secundária na região de Manaus observou que *Acacia spp.* alcançou valores elevados de densidade e dominância relativas. Gonçalves et al. (2015), em estudos na região de Santa Barbara do Pará, encontraram altos na índices para o gênero *Mangifera spp.*, com 3,17% de densidade relativa e 7,55% de dominância relativa.

Espécies	N	DA	DR%	DOA	DOR%	IVC
<i>Mangifera indica</i> L.	61	1,242	13,586	0,367	38,470	32,821
<i>Acacia spp.</i>	45	0,916	10,022	0,064	6,765	13,405
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	34	0,692	7,572	0,037	3,857	9,501
<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	21	0,428	4,677	0,099	10,432	9,893
<i>Abarema jupunba</i> Willd.	24	0,489	5,345	0,025	2,634	6,662
<i>Syzygium jambos</i> L. Alston	17	0,346	3,786	0,031	3,263	5,418
<i>Anacardium occidentale</i> L.	18	0,366	4,009	0,014	1,517	4,767
<i>Hevea brasiliensis</i> Willd. ex A.Juss.	11	0,224	2,450	0,057	6,015	5,457
<i>Spondias mombin</i> L.	11	0,224	2,450	0,030	3,162	4,031
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	12	0,244	2,673	0,015	1,625	3,485
<i>Cocos nucifera</i> L.	12	0,244	2,673	0,000	0,000	2,673
<i>Inga spp.</i>	11	0,224	2,450	0,011	1,203	3,051
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethlage	11	0,224	2,450	0,008	0,860	2,880
<i>Bocageopsis multiflora</i> Mart.	10	0,204	2,227	0,006	0,674	2,564
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	10	0,204	2,227	0,000	0,000	2,227
<i>Acacia mangium</i> Willd	8	0,163	1,782	0,012	1,304	2,434
<i>Sapium marmieri</i> Huber R.	8	0,163	1,782	0,003	0,348	1,956
<i>Tabebuia heptaphylla</i> Vell.	8	0,163	1,782	0,003	0,309	1,936
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	7	0,143	1,559	0,011	1,150	2,134

<i>Virola surinamensis (Rol. ex Rottb.) Warb.</i>	7	0,143	1,559	0,008	0,811	1,965
<i>Syzygium cumini (L.) Skeels.</i>	6	0,122	1,336	0,010	1,098	1,885
<i>Acromia aculeata</i>	6	0,122	1,336	0,000	0,000	1,336
<i>Pachira aquatica Aubl.</i>	5	0,102	1,114	0,012	1,303	1,765
<i>Tectona grandis L. f.</i>	4	0,081	0,891	0,008	0,816	1,299
<i>Tapirira spp.</i>	4	0,081	0,891	0,005	0,504	1,143
<i>Astrocaryum spp.</i>	4	0,081	0,891	0,000	0,000	0,891
<i>Bertholletia excelsa Bonpl.</i>	2	0,041	0,445	0,019	1,972	1,431
<i>Eschweilera spp.</i>	3	0,061	0,668	0,005	0,513	0,925
<i>Pterocarpus spp</i>	3	0,061	0,668	0,002	0,172	0,754
<i>Bagassa spp.</i>	3	0,061	0,668	0,001	0,100	0,718
<i>Protium sp. Trattinickia burserifolia (Mart.) Willd.</i>	2	0,041	0,445	0,008	0,823	0,857
<i>Anacardium giganteum W. Hancock ex Engl.</i>	2	0,041	0,445	0,007	0,765	0,828
<i>Ceiba pentandra (L.) Gaertn.</i>	2	0,041	0,445	0,004	0,468	0,679
<i>Tabebuia serratifolia (Vahl) G. Don</i>	2	0,041	0,445	0,004	0,455	0,673
<i>Pterocarpus rohrii Vahl</i>	2	0,041	0,445	0,004	0,390	0,640
<i>Piptadenia suaveolens Miq.</i>	2	0,041	0,445	0,003	0,301	0,596
<i>Genipa americana L.</i>	2	0,041	0,445	0,003	0,274	0,583
<i>Eschweilera coriacea (A.DC) Mori</i>	2	0,041	0,445	0,002	0,208	0,549
<i>Symphonia globulifera L. f.</i>	2	0,041	0,445	0,002	0,199	0,545
<i>Caryocar brasiliense Cambess.</i>	2	0,041	0,445	0,002	0,177	0,534
<i>Xylopia nitida Dunal</i>	2	0,041	0,445	0,002	0,167	0,529
<i>Não identificada</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,138	0,514
<i>Inga heterophylla Willd.</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,115	0,503
<i>Zanthoxylum rhoifolium Lam.</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,111	0,501
<i>Ormosia paraensis Ducke</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,106	0,498
<i>Citrus spp.</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,063	0,477
<i>Vismia guianensis Aubl.</i>	2	0,041	0,445	0,001	0,059	0,475
<i>Laguncularia racemosa (L.) C.F.Gaertn.</i>	2	0,041	0,445	0,000	0,052	0,472
<i>Banbusa spp.</i>	2	0,041	0,445	0,000	0,000	0,445
<i>Acacia farnesiana L. Willd</i>	1	0,020	0,223	0,006	0,646	0,546
<i>Couratari stellata A.C.Sm.</i>	1	0,020	0,223	0,005	0,491	0,468
<i>Annona mucosa Jacq.</i>	1	0,020	0,223	0,004	0,393	0,419
<i>Ficus clusiifolia Schott.</i>	1	0,020	0,223	0,004	0,382	0,414
<i>Sideroxylon spp.</i>	1	0,020	0,223	0,003	0,333	0,389
<i>Caryocar glabrum Aubl.</i>	1	0,020	0,223	0,002	0,253	0,349
<i>Platonia insignis Mart</i>	1	0,020	0,223	0,002	0,253	0,349
<i>Persea americana Miller</i>	1	0,020	0,223	0,002	0,213	0,329
<i>Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.</i>	1	0,020	0,223	0,002	0,206	0,326
<i>Cassia leiandra Benth.</i>	1	0,020	0,223	0,002	0,170	0,308
<i>Lecythis chartacea O. Berg</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,157	0,301
<i>Ormosia arborea (Vell.) Harms.</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,150	0,298
<i>Guazuma ulmifolia Lam.</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,123	0,284
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,117	0,281
<i>Ocotea amazonica (Meisn.) Mez</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,109	0,277
<i>Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don</i>	1	0,020	0,223	0,001	0,055	0,250
<i>Matayba elaeagnoides Radlk.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,050	0,248
<i>Cedrela odorata L.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,046	0,246

<i>Goupia glabra Aubl.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,038	0,241
<i>Tabebuia roseoalba (Ridl.) Sandwith</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,034	0,240
<i>Myrciaria cauliflora (Mart.) O.Berg</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,031	0,238
<i>Bactris gasipaes Kunth</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,000	0,223
<i>Elaeis guianensis, Jacq.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,000	0,223
<i>Maximiliana maripa Aubl.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,000	0,223
<i>Oenocarpus bacaba Mart.</i>	1	0,020	0,223	0,000	0,000	0,223

Tabela 2. Espécies arbóreas amostradas encontradas na BR 316, localizada entre os municípios de Castanhal/PA a Santa Maria do Pará/PA, e o início do perímetro urbano da comunidade Jeju. DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVC = índice de valor de cobertura.

Fonte: autores, 2020.

O índice de valor de cobertura, item que relaciona a densidade e a dominância relativa, evidenciou o efeito da fragmentação e da elevada alteração antrópica no local através dos valores irregulares desse parâmetro.

O índice de diversidade de Shannon (H') para espécies foi de 3,49 nats/indivíduo e o valor de equabilidade (J) foi de 0,82.

O valor do Índice de Diversidade de Shannon (H') obtido para o presente estudo enquadram-se dentro do padrão de floresta altamente diversificada com elevado valor de diversidade. Alves e Miranda, (2008) ao analisarem um trecho de floresta de terra firme manejadas no município de Almeirim – PA, também observaram alto índice de diversidade (H' = 4,25), e por Carim et al. (2013) em florestas do norte do Amapá (H' = 4,39).

A equabilidade de Pielou foi de 0,82, demonstrando a grande dominância entre poucas espécies, características de ambientes degradados, a elevada equabilidade pode ser atribuída a alta incidência de espécies com reduzido número de indivíduos (ALVES & MIRANDA, 2008), ou seja, representando uma população com baixa dominância entre as espécies (Brower & Zar, 1984) a equidade alta evidencia a alta heterogeneidade florística.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseando-se na composição florística e fitossociológica encontrada nos 49,12 hectares, indica uma semelhança da área com outras áreas em transição, sendo essa uma amostra representativa fisionomias de tais áreas.

Diante disso, pode-se concluir que o ambiente florestal estudado possui grande diversidade florística, pois apresentou índice de 3,49, corroborando a alta diversidade estimada através da estrutura horizontal montada da área. Nessa conjuntura, as famílias Fabaceae Arecaceae, Anacardiaceae e Lecythydaceae foram as que apresentaram maior riqueza específica.



## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA. Instrução **Normativa nº 08 de 28 de outubro de 2015**. Define procedimentos administrativos para a realização de limpeza e autorização de supressão, a serem realizadas nas áreas de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, localizadas fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente – APP dos imóveis rurais, no âmbito do Estado do Pará, e dá outras providências. Diário Oficial, 2015.
- CHAVES, A. D.; SANTOS, R. M.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A; MARACAJÁ, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the KöppenGeiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, oct. 2007.
- LIMA, M. J.; FARIAS, V. D.; COSTA, D. L., SAMPAIO, L. S.; SOUZA, P. J. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Hortic. bras.**, v34, n. 4, out. - dez. 2016.
- VELOSO, H. P.; GÓES FILHO, L. **Fitogeografia brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical**. Salvador: Projeto RADAMBRASIL, 1982.
- CURTIS, J.T. Na upland Forest continuum in the prairies forest border region of Wisconsin. *Ecology*, v. 32, p. 476-496, 1951.
- CURTIS, J.T.; MCINTOSH, R.P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology*, v. 31, p. 434-455, 1950.
- LAMPRECHT, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del bosque universitario “El aimital”, Estado Barinas. *Rev. For. Venezolana*, v. 7, n. 10/11, p. 77-119, 1964.
- BROWER, J.E. & ZAR, J.H. 1984. *Field & laboratory methods for general ecology*. W.C. Brown Publishers, Boston.
- MUNIZ, F. H.; CESAR, O. & MONTEIRO, R. 1994. Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Florestal do Sacavém, São Luís, Maranhão (Brasil). *Acta Amazonica*, 24: 219-236.
- IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R., RODRIGUES, R.R. 2004. Estrutura de um trecho de floresta amazônica na Bacia do Alto Rio Xingu. *Acta Amazônica*, 34 (2): 275-299.
- CARIM, M. J. V.; GUIMARÃES, J. R. S.; TOSTES, L. C. L. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, v. 3, p. 1-10, 2013.
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. *Revista Acta Amazonica*, v. 43, p. 247-260, 2013.
- PEREIRA, L. A.; SOBRINHO, F.A.P; COSTA NETO, S. V. Florística e Estrutura de Uma Mata de Terra Firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. *Floresta (Online) (Curitiba)*, v. 41, p. 113-122, 2011.
- FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e Parâmetros para Estudo de Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. *Floresta e Ambiente*; v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.
- SOUZA, B. L. Composição florística e estrutura fitossociológica da Floresta Secundária na Fazenda Experimental da UFAM. 2013. Dissertação (Mestrado em Conservação da Natureza) — Universidade Federal do Amazonas. 101 p.

GONÇALVES, et al. ANÁLISE FLORÍSTICA E ESTRUTURAL DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS NA COMUNIDADE EXPEDITO RIBEIRO EM SANTA BÁRBARA DO PARÁ. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

ALVES, J.C.Z.O.; MIRANDA, I. DE S. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma floresta amazônica de terra firme aplicada ao manejo florestal. *Acta Amazonica*, 38: 657-666. 2008.

CARIM et al. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. *Biota Amazônica*. Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2013.

## ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *THEOBROMA SPECIOSUM* WILLD. EX SPRENG NA FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉ-AQUIRI

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 03/04/2020

**André Luis Macedo Vieira**

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio

Marabá-Pará

<http://lattes.cnpq.br/7237763453022524>

**Gleysla Gonçalves de Carvalho Fernandes**

Universidade do Estado do Pará- UEPA

Marabá- Pará

<http://lattes.cnpq.br/2287937283450387>

**Luana do Carmi Oliveira Ferreira**

Universidade do Estado do Pará- UEPA

Marabá-Pará

<http://lattes.cnpq.br/3678019573359121>

**Amanda Nadielle Barros Isoton**

Universidade do Estado do Pará- UEPA

Marabá-Pará

<http://lattes.cnpq.br/0304987256606657>

**Danielly Macedo Vieira**

Universidade do Estado do Pará- UEPA

Marabá-Pará

<http://lattes.cnpq.br/9554277608459151>

**Gilberto Andersen Saraiva Lima Chaves**

Universidade do Estado do Pará- UEPA

Marabá-Pará

<http://lattes.cnpq.br/5944596404788144>

**Álisson Rangel Albuquerque**

Departamento de Tecnologia e Recursos

Naturais (DTRN) do Centro de Ciências

Naturais e Tecnologia (CCNT) da Universidade

do Estado do Pará (UEPA) - UEPA

<http://lattes.cnpq.br/5849021268890499>

**RESUMO:** O conhecimento da dinâmica populacional de espécies tropicais na Amazônia direciona a utilização de indivíduos com potencial madeireiro ou não madeireiro. O cacauí (*Theobroma Speciosum* Willd. Ex Spreng) é uma espécie nativa da floresta amazônica e ocorre preferencialmente em matas de terra firme, onde por sua vez, é manejado por algumas comunidades tradicionais. Em contrapartida, pelos efeitos de uso de terra, essa espécie vem sofrendo o efeito de fragmentação, o que causa redução do tamanho das populações e altera o funcionamento do ecossistema. Diante disso, com a realização do inventário florestal aplicado à instalação de seis parcelas permanentes, este estudo objetivou entender a estrutura populacional e a distribuição espacial da *T. Speciosum* na Floresta Nacional do Tapirapé Aquiri. Os resultados encontrados evidenciaram 35 indivíduos de *T. Speciosum* nas seis parcelas permanentes amostradas. Os valores do Índice de Dispersão de Morisita (Id)

encontrado para essa população foi de 1,94, o que indicou um padrão agrupado para os indivíduos presentes na área de estudo, e ao mesmo tempo uma dificuldade de reprodução e de distribuir-se em outros locais. Esses dados indicam que essa espécie é sensível e suscetível à fragmentação, demonstrando uma limitação da espécie em estabelecer regeneração na floresta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Regeneração. Fragmentação. Agrupada

## POPULATION STRUCTURE AND SPATIAL DISTRIBUTION OF THEOBROMA SPECIOSUM WILLD. EX SPRENG IN THE NATIONAL FOREST OF TAPIRAPÉ-AQUIRI

**ABSTRACT:** The knowledge of population dynamics of tropical species in the Amazon directs the use of arboreal individuals with timber and non-timber potential. The cacauí (*Theobroma Speciosum* Willd. Ex Spreng) is a species native to the Amazon rainforest and occurs preferably in dryland forests, where it is managed by some traditional communities. On the other hand, due to the effects of land use, this species has been suffering the effect of fragmentation, which causes a reduction in the size of populations and changes the functioning of the ecosystem. Therefore, with the realization of the forest inventory applied to the installation of six permanent plots, this study aimed to understand the population structure and the spatial distribution of *T. Speciosum* in the Tapirapé Aquiri National Forest. The results found showed 35 individuals of *T. Speciosum* in the six permanent plots sampled. The values of the Morisita Dispersion Index ( $I_d$ ) found for the population of *T. spciosum* was 1,94, which indicated a grouped pattern for individuals present in the study area, and at the same time a difficulty in reproduction and distribute to other locations. These data indicate that this species is sensitive and susceptible to fragmentation, demonstrating a limitation of the species in establishing regeneration in the forest.

**KEYWORDS:** Regeneration. Fragmentation. Grouped.

### 1 | INTRODUÇÃO

A Amazônia constitui uma das áreas mais biodiversas do mundo, é uma província fitogeográfica bem individualizada caracterizada pela fisionomia que apresenta grande biomassa e alta heterogeneidade (BRAGA, 1979). Esta região possui uma série de formações vegetais contínuas que são distintas floristicamente, devido às diversas associações e mudanças dos fatores-ambientais (LEITÃO-FILHO, 1987; GAMA et al., 2003; KUNZ et al., 2009).

Este patrimônio natural apresenta grande importância para conservação da biodiversidade global, efeito da sua diversidade e endemismo de espécies incluindo

sua grande extensão territorial. Porém, em florestas tropicais, uma das maiores preocupações para a conservação é os efeitos da exploração e transformação de habitat (ROSSI; HUGUCHI, 1998; ANTONINI; NUNES-FREITAS, 2004). Esses efeitos modificam a estrutura do habitat e atuam diretamente no padrão de distribuição, em decorrência dos fatores limitantes para o desenvolvimento como luz incidente, umidade e disponibilidade de nutrientes, serem duramente afetados (LIEBERMAN; DOCK, 1982; ALMEIDA et al., 1998; ROSSI; HUGUCHI, 1998; ANTONINI; NUNES-FREITAS, 2004; VARELLA et al., 2018).

Conhecido popularmente como cacauí a *Theobroma Speciosum* Willd. Ex Spreng é um espécie nativa da floresta Amazônica (DUCKE, 1953; VARELLA et al., 2018) que se desenvolve preferencialmente em matas de terra firme. Ocasionalmente, pelos efeitos de uso de terra, essa espécie vem sofrendo o efeito de fragmentação com a substituição de parte da floresta por pastagem (OLIVEIRA et al., 2003), essa fragmentação causa redução do tamanho das populações e alteram o funcionamento do ecossistema. Tal efeito provoca um distúrbio que influencia diretamente na dinâmica das populações, na distribuição, e resulta na formação de mosaicos de vegetação remanescente (CARVALHO et al., 2010; VARELLA et al., 2018).

Na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, uma unidade de conservação de uso sustentável que compõem o Mosaico de Carajás um dos poucos remanescentes de floresta tropical do Pará e a maior área continua conservada da Amazônia (ICMBIO, 2017), a alta diversidade de espécies, as pressões antrópicas, e a falta de conhecimento inibem os estudos florísticos no âmbito de uma unidade conservação, sendo que essa informações combinadas com o alto potencial de utilização da espécie *T. speciosum* (VARELLA et al., 2018) podem auxiliar o uso para comunidades nativas da Amazônia que consomem os frutos e os utilizam na produção de sucos e geleias (FERRÃO, 2001). Segundo CAVALCANTE (1991) essa espécie é pouco cultivada e dispersa na natureza, Varella et al., (2018) reforça que o gênero de *Theobroma* apesar de sua importância ecológica ainda tem poucos estudos sobre sua estrutura e dinâmica.

Diante dos pressupostos anteriores, foram analisados a estrutura e o padrão de distribuição espacial de *Theobroma speciosum* em seis parcelas permanentes localizadas na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri. O estudo procurou caracterizar a estrutura populacional e distribuição espacial dessa população relacionando-a ao crescimento juvenil e adulto.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O presente estudo foi conduzido na Floresta Nacional do Tapirapé- Aquiri (FLONATA) no município de Marabá-PA em uma área denominada de Rio Cinzento com 190 hectares. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Awi, tropical chuvoso com seca de inverno, com precipitações anuais entre 2.000 e 2.400 mm e temperatura mensal sempre acima de 18° C (IBAMA, 2006). A FLONATA abrange a tipologia de Floresta Ombrófila Aberta (FOA) e resquícios de Floresta Ombrófila Densa (FOD) (ROLIM et al., 2006).

### 2.2 Coleta e processamento dos dados

Os dados coletados são oriundos de seis parcelas permanentes com tamanho de 0,25 ha cada (50m x 50m,) que foram instaladas de forma sistemática em uma área natural com distâncias que variaram de 50 á 400 metros, seguindo a metodologia de Silva et al., (2005). Cada parcela foi subdivida em 25 subparcelas de 10 m x 10 m para facilitar a localização dos indivíduos perante a identificação (SILVA et al., 2005; NATIVIDADE, 2018).

Nas subparcelas todas as classes de tamanho de *Theobroma speciosum* com DAP  $\geq 10$  cm (árvores) juntamente com arvoretas  $5,0 \leq \text{DAP} < 10,0$  e varas com  $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5,0 \text{ cm}$  (regeneração), foram identificadas e medidas. Para avaliar o padrão de distribuição espacial da espécie, utilizou-se o Índice de Dispersão de Morisita ( $I_d$ ) (equação 1) (BROWER; ZAR, 1984), que possibilitou o estabelecimento de três parâmetros de distribuição, sendo eles: aleatório, com valores menores que 1,0; tendendo a agregação, com valores entre 1,0 e 1,5; e agrupado com valores maiores que 1,5. A significância do Índice de Dispersão foi testada através do teste F do  $I_d$  ( $gl- n-1$ ;  $p < 0,05$ ).

$$I_d = n \left[ \frac{3x_i^2 - 3x_i}{(3x_i)^2 - 3x_i} \right] \quad (1)$$

Onde n é o número de parcelas amostradas e xi o número de indivíduos em cada parcela amostrada (BROWER; ZAR, 1984).

Para os cálculos estruturais utilizou o Sistema de Monitoramento de Florestas Tropicais (MFT), que processou os cálculos tradicionais de abundância relativa e dominância relativa.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 35 indivíduos de *Theobroma speciosum* Willd.ex Spreng

nas seis parcelas permanentes amostradas. Os valores do Índice de Dispersão de Morisita ( $I_d$ ) encontrado para a população de *T. speciosum* foi de 1,94 ( $F= 3,61$ ;  $p < 0,05$ ) indicando um padrão agrupado para os indivíduos presentes na área de estudo. A abundância existente da espécie assim como outros valores estruturais tende a cair conforme se distância da classe majoritária. Esses valores estruturais dos indivíduos de cada classe de tamanho encontram-se na tabela 1.

Classe de tamanho	aBA	aBr	DoA	DoR
DAP $\leq$ 10 m	13,3	3,2	0,2	0,85
5,0 $\leq$ DAP < 10,0	10,0	2,0	0,04	1,93
2,5 cm $\leq$ DAP < 5,0	4,0	2,3	0,9	0,5

Tabela 1. Estrutura fitossociológica da população de *t. speciosum* estudadas em uma área de Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Marabá, PA.

Aba= abundância absoluta; aBr= abundância relativa; DoA= dominância absoluta; DoR= dominância relativa; IVI= índice de valor de importância

A distribuição dessa espécie em diversos trabalhos foi avaliada como agrupada ou tendendo a agrupar-se (SOUSA et al.,2001; ARAUJO, 2004; SILVA et al., 2013; VARELLA et al.,2018), indicando uma dificuldade de reprodução da *T. speciosum* em distribuir-se em outros locais. Esse padrão agregado de distribuição, é característico de espécies vegetais dispersas por animais ou que realizam sua distribuição por autocoria, relacionada à quantidade de sementes produzidas e a duração do período de frutificação (JANZEN, 1970).

A existência do agrupamento pode ser consequência da forma de dispersão dos frutos e sementes que são deixados pelos seus dispersores perto da planta-mãe (VARELLA et al.,2018). A distribuição espacial de sementes e plântulas depende da interação de fatores como a distribuição espacial das plantas-mãe, a existência de locais favoráveis à germinação (CRAWLEY, 1986; PARKER et al., 1997).

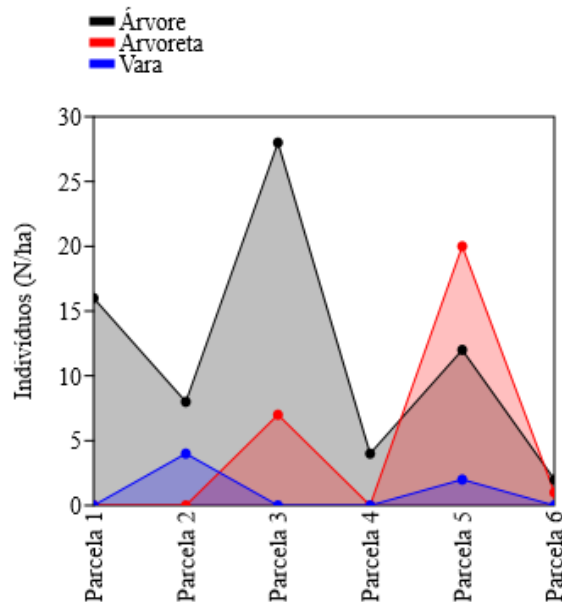


Figura 2. Número de indivíduos por parcela permanente amostrados em uma área de Floresta Ombrófila Aberta na Floresta Nacional do Tapirapé-Aquiri, Marabá, Pará.

Entretanto, apesar da dispersão da espécie ser zoocoria (dispersão por animais), os indivíduos presentes nas parcelas permanentes tiveram um crescimento restrito à uma classe superior, enquanto classes menores como arvoretas, e regenerativas como as varas, apresentaram menor incremento da mesma. Essa baixa taxa de regeneração pode estar associada ao isolamento reprodutivo, visto que segundo Varela et al., (2018), a espécie *Theobroma speciosum* é alógoma que caracteriza barreiras físicas que causam uma certa autoincompatibilidade entre os indivíduos.

Ainda de acordo com Silva et al., (2013) o fato da espécie *T. speciosum* não ter apresentado uma distribuição comum, pode estar associado a uma baixa taxa de reprodução e possivelmente ao fato das condições ambientais estarem interferindo nas plântulas, resultando que a mortalidade supere o crescimento.

As parcelas forneceram microambientes favoráveis ao estabelecimento dos indivíduos superiores ( $DAP \leq 10$  m), mas não estão oferecendo para probabilidade de sobrevivência. Ou seja, os fatores abióticos, como disponibilidade de água, intensidade de luz, e bióticos, como ação de predadores ou patógenos, não estão favorecendo ao estabelecimento dessa espécie (BLEHER; BÖHNINGGAESE, 2001).

Esses resultados evidenciam que a área está em bom estado de conservação, devido à falta de mitigação regenerativa que é ocasionada pelos efeitos da fragmentação, uma vez que a população encontra-se concentrada somente nas maiores classes, significa dizer que essa espécie não sofreu distúrbios, mas ainda assim é sensível, logo que não encontra-se indivíduos que estão regenerando na floresta e garantindo uma população futura.



Pela área ser uma unidade de conservação ela não sofre perturbações antrópicas que causem o declínio dos indivíduos jovens, então não há necessidade dos indivíduos menores substituírem os indivíduos adultos na população, sendo assim existe pouca continuidade da sucessão ecológica nesse ambiente para a espécie de *Theobroma speciosum*.

## 4 | CONCLUSÃO

A estrutura da *Theobroma speciosum* é restrita ao crescimento em árvores tendo nenhum, ou poucos, regenerantes, evidenciando uma limitação da espécie em estabelecer regeneração na floresta. O padrão de distribuição demonstrou que a espécie é agrupada em todas as classes de tamanho reforçando que existe uma dificuldade de dispersão de sementes ressaltando o isolamento reprodutivo da mesma.

Esses dados indicam que essa espécie é sensível e suscetível à fragmentação, tendo uma dispersão limitada e autoincompatibilidade. Os processos que estão atuando de forma negativa sobre a espécie estudada também podem ter efeitos sobre outras espécies com distribuição parecida.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. C. **Dinâmica populacional de *Actinostemon concolor* (SPERNG.) MÜLL. ARG. (EUPHORBIACEAE) em área alagável no Parque Estadual Mata do Godoy**. f. Dissertação (Mestrado em ciências biológicas). Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2004.

ALMEIDA, D.R.; COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA, C.F.D. As bromeliáceas da Mata Atlântica da Ilha Grande, RJ: composição e diversidade de espécies em três ambientes diferentes. **Bromélia**, Rio de Janeiro, v. 5, n.1-4, p.54-65, 1998.

ANTONINI, R. D.; NUNES-FREITAS, A. F. Estrutura populacional e distribuição espacial *Memiconia prasiana* D.C. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Bot**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 671-676, 2004.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. 1984. Field & laboratory methods for general ecology. 2nd ed. Iowa: Brown Publishers, 1984.

BRAGA, P. I. S. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. **Acta Amazonica**, Rio Branco, v. 9, n.4, p.53-80, 1979

BLEHER, B.; BÖHNING-GAESE, K. Consequences of frugivore diversity for seed dispersal, seedling establishment and the spatial pattern of seedlings and trees. **Oecologia**, Nova Iorque, v. 129, n. 3, p. 385-394, 2001.

CARVALHO, A. L.; FERREIRA, E. J. L.; LIMA, J. M. T. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de palmeiras em fragmentos de floresta primária e secundária da Área de Proteção Ambiental Raimundo Irineu Serra – Rio Branco, Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Rio Branco, v. 40, n. 4, p. 657-666, 2010.

CAVALCANTE, P. B. Frutas comestíveis da Amazônia. 5 ed. Belém: CEJUP, CNPq; Museu Paraense Emílio Goeldi, 1991. (Coleção Adolfo Ducke).

CRAWLEY, M. J. Plant ecology. 1 ed. Oxford: Blackwell, 1986.

DUCKE, A. As espécies brasileiras do gênero *Theobroma* L. Boletim Técnico Instituto Agrônomo, Campinas, v. 28, n.28, p. 1-20, 1953.

GAMA, J.R.V.; BOTELHO, S.A.; BENTES-GAMA, M.M.; SCOLFORO, J.R.S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, estado do Pará. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 13, n.2, p.71-82, 2003.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio, 2018. Unidades de Conservação – Amazônia. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/amazonia/unidades-de-conservacao-amazonica>>. Acesso em 22 de janeiro de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Instrução Normativa nº 3, de 04/05/2001**. Brasília: 2006.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*. **American naturalist**, Chicago, v.104, n. 940, p. 501-528, 1970.

KUNZ, S.H.; IVANAUSKAS, N.M.; MARTINS, S.V. Estrutura de uma área de cerradão em Canarana – Estado do Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum*, n. 31. No prelo. 2009.

LEITÃO-FILHO, H.F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n.35, p. 41-46, 1985.

LIEBERMAN, S.S.; DOCK, C.F. Analysis of the leaf litter arthropod fauna of a lowland tropical evergreen forest site (La Selva, Costa Rica). **Revista de Biologia Tropical**, San Jose, v. 30, p. 27-34, 1982.

NATIVIDADE, M.M.; SAMPAIO, J. S.; PEREIRA, W. S.; SOUSA, I. R. L.; JÚNIOR, C. D. C.; CARVALHO, C. S. S.; MELO, L. O. Estrutura e dinâmica florestal, antes e após extração de madeira, em área de manejo florestal na FLONA do Tapajós. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 113 – 124, 2018.

PEREIRA, L. A.; SOBRINHO, F. A. P.; NETO, S. V. C. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável rio Iratapuru, Amapá, Amazônia oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v.41, n.1, p. 113-122, 2011.

PERRY J. N.; DIXON, P. M. A new method to measure spatial association for ecological count data. **Ecoscience**, Quebec, v. 9, n.2, p. 133-141, 2002.

PARKER, K. C. et al. Population structure and spatial pattern of two coastal populations of Ocala sand pine (*Pinus clausa*). **Journal of the Torrey Botanical Society**, Lawrence, v. 124, n. 1, p. 22-33, 1997.

ROLIM, S.G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 1, p.107-114, 2006.

ROSSI, L.B.M.; HUGUCHI, N. Comparação entre métodos de análise do padrão espacial de oito espécies arbóreas de uma floresta tropical úmida. In: C. Gascon & P. Montinho (eds.). *Floresta amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. INPA.1998. p. 41-59.

SILVA, B. M.; ROSSI, A. A. B.; ENCINAS, J. F.; CARVALHO, M. L. S.; SILVA, C. J. Estrutura e padrões de distribuição espacial de duas espécies de *Theobroma* em um parque de preservação permanentes

no norte do estado do Mato Grosso. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, n.17, v.9, n. 17, p. 2789-97, 2013.

SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A.; OLIVEIRA, L.C.; SILVA, S.M.A.; CARVALHO, J.O.P.; COSTA, D.H.M.; MELO, M.S. Diretrizes para a instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira. 1 ed. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005.

SILVA, K. E.; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrões espaciais de espécies arbóreas tropicais. In: MARTINS, S. V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. 1 ed. Viçosa: UFV, p. 216 – 244, 2009.

VARELLA, T.L.; ROSSI, A. P.; SOUZA, M.D. A.; SILVEIRA, G. F.; COCHEV, J. S. TOLEDO, J. J. SILVA, C.J. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng no norte do estado do Mato grosso. **Ciênc. Florest**, Santa Maria, v. 28, n.1. p.115-126, 2018.

## ACOMPANHAMENTO DO CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE MUDAS DE PARICÁ EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DE CARAJÁS

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 24/03/2020

### **Kamila da Silva Teles Gonçalves**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/6940893384744018>

### **Kessy Jhonnes Soares da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/4368241122656624>

### **Hermogenes Ronilson Silva de Sousa**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/5658913537343587>

### **Vanessa Patrícia Berté Kafer**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/0029704288156064>

### **Daiane de Cinque Mariano**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/0458398387101131>

### **Ângelo Augusto Ebling**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/1452889785005235>

### **André Luis Macedo Vieira**

Instituto Chico Mendes de Conservação da  
Biodiversidade  
Parauapebas-PA

<http://lattes.cnpq.br/7237763453022524>

### **Cândido Ferreira de Oliveira Neto**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/0327663489224028>

### **Ismael de Jesus Matos Viégas**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Capanema-PA

<http://lattes.cnpq.br/5645151005844327>

### **Ricardo Shigueru Okumura**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA

<http://lattes.cnpq.br/2875667291793150>

**RESUMO:** Na Amazônia brasileira têm sido utilizadas espécies arbóreas nativas em programas de restauração florestal, com destaque o paricá. O objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de paricá em área de recuperação ambiental na região de Carajás. A implantação das mudas de paricá foi realizada em fevereiro de 2018 em uma área de pastagem degradada de 4 ha no entorno do Mosaico da FLONA Carajás, que faz parte de um projeto de restauração florestal em parceria

da UFRA, ICMBio e Salobo Metais S. A, inserindo na área 2211 mudas de várias espécies nativas, nas quais 24 de paricá. As avaliações foram efetuadas em fevereiro, outubro de 2018 e janeiro de 2019 com medições da altura de planta (AP) e diâmetro ao nível do solo (DNS) para análise da correlação de Pearson ( $r$ ) e incremento médio anual (IMA), e a quantificação do percentual de plantas mortas (PM). A partir dos resultados obtidos verificou correlação moderada ( $r = 0,55$ ), fraca ( $r = 0,35$ ) e forte ( $r = 0,90$ ) para os meses de fevereiro, outubro e janeiro, respectivamente, o que representa o período de estabelecimento ou estabilidade do povoamento com relação ao crescimento vegetativo. O percentual de plantas mortas apresentou incremento durante o período de avaliação, alcançando perda acumulada de 42% no total. Para os incrementos médios de DNS e AP verificaram valores de 2,0159 cm ano<sup>-1</sup> e 1,4561 m ano<sup>-1</sup>, respectivamente. As variações nos valores de correlações, alta PM e baixo IMA, ocorreu pela influência direta do meio, devido a redução da disponibilidade hídrica no período experimental, embora o paricá seja uma espécie nativa da região e resiliente em ambientes com alto grau de limitação, os fatores como temperatura e disponibilidade hídrica, atuaram negativamente no desenvolvimento da espécie em área de recuperação ambiental na região de Carajás.

**PALAVRAS-CHAVE:** Restauração florestal; Povoamento florestal; Mensuração florestal; Monitoramento ambiental.

## MONITORING GROWTH AND SURVIVAL OF PARICÁ SEEDLINGS IN ENVIRONMENTAL RECOVERY AREA IN CARAJÁS REGION

**ABSTRACT:** In Brazilian Amazon, native tree species have been used in forest restoration programs, especially paricá. The aim of study was to evaluate the development of paricá seedlings in an area of environmental recovery in Carajás region. The implantation of paricá seedlings was carried out in February 2018 in a degraded pasture area of 4 ha around the Mosaic of FLONA Carajás, which is part of a forest restoration project in partnership with UFRA, ICMBio and Salobo Metais S.A., implanting 2211 seedlings of several native species, with 24 of paricá. The evaluations were carried out in February, October 2018 and January 2019 with measurements of plant height (AP) and diameter at ground level (DNS) for analysis of Pearson's correlation ( $r$ ) and annual mean increment (IMA), and the quantification of the percentage of dead plants (PM). From the results obtained, there was a moderate ( $r = 0.55$ ), low ( $r = 0.35$ ) and high ( $r = 0.90$ ) correlation for the months of February, October and January, respectively, which represents the period establishment or stability of the population in relation to vegetative growth. The percentage of dead plants increased during the evaluation period, reaching an accumulated loss of 42% in total. For the average increments of DNS and AP verified values of 2.0159 cm year<sup>-1</sup> and 1.4561 m year<sup>-1</sup>, respectively. The variations in correlation values, high PM and low IMA, occurred by direct influence of the study site, due to reduction of water availability in experimental

period, although paricá is a native species of region and resilient in environments with a high degree of limitation, factors such as temperature and water availability, had a negative effect on development of species in an area of environmental recovery in Carajás region.

**KEYWORDS:** Forest restoration; Forest stand; Forest measurement; Environmental monitoring.

## 1 | INTRODUÇÃO

A problemática da degradação das florestas nativas tem promovido abertura de debates embasado na restauração de vastas áreas de paisagens degradadas e desmatadas, principalmente em áreas tropicais de países em desenvolvimento (SUDING et al., 2015). Das espécies nativas amazônicas, o paricá [*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke)], tem se destacado em função da adaptabilidade e rápido crescimento, alcançando aproximadamente 40 m de altura e 1 m de diâmetro de tronco (TREMACOLDI et al., 2009), com ocorrência na Amazônia em mata primária e secundária de terra firme (LANZA et al., 2004), por apresentar essas características, tornou-se uma importante alternativa para os sistemas agroflorestais, planos de recuperação de áreas degradadas e restauração florestal (VIDAURRE et al., 2012; SHIMIZU et al., 2011), ocupando uma área plantada de 79.159 ha no Brasil (SBS, 2020).

Especificamente no Pará, o paricá assumiu particular importância pela capacidade de adaptação, associado ao rápido crescimento e uso generalizado da madeira, fornecendo matéria-prima para a obtenção de celulose e papel, sendo uma alternativa regional (SILVEIRA et al., 2017), para suprir a demanda de matéria-prima florestal assim como para recomposição de áreas alteradas.

É sabido que nos primeiros anos após o plantio fatores como qualidade das mudas, uniformidade de plantio e sombreamento afetam o desempenho das plantas. Para tanto, o monitoramento das espécies utilizadas na restauração é considerado etapa fundamental para avaliar o sucesso ou insucesso do projeto, sendo que de acordo com SILVA et al. (2019), em etapas iniciais poucos processos ecológicos se expressarão, necessitando a utilização de indicadores simples, como taxa de sobrevivência e medições dendrométricas (BRANCALION et al., 2015), contudo, estudos relacionados ao monitoramento da fenologia na fase inicial de plantio (SANTOS et al., 2013) e o comportamento da espécie em áreas destinadas à recuperação ambiental, ainda são incipientes (CORDEIRO et al., 2015).

O objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de paricá em área de recuperação ambiental na região de Carajás.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rita da União – Bloco III, localizada no entorno do Mosaico da FLONA Carajás, com coordenadas 6°29'1.92"S e 50°19'21.03"O, zona rural do município de Canaã dos Carajás – PA (FIGURA 1). A área do experimento apresenta um histórico de anos de pastejo intensivo e, atualmente, encontra-se em processo de restauração florestal pela parceria entre a Salobo Metais S.A., com acompanhamento do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

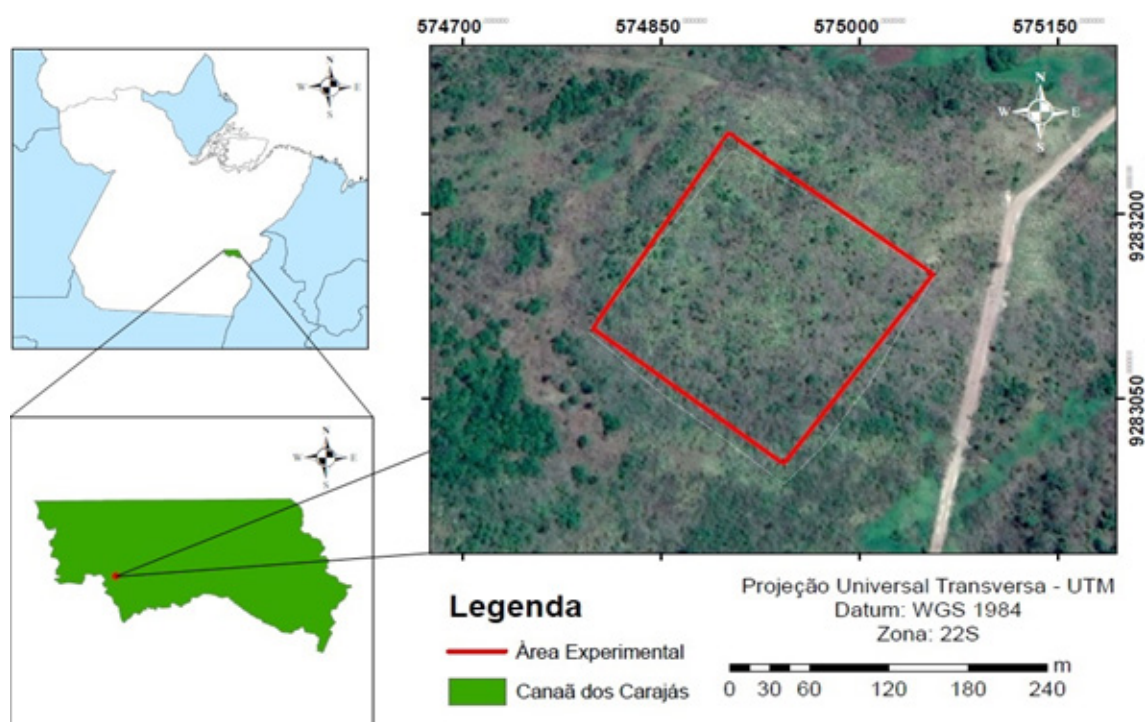


Figura 1: Mapa de localização da área experimental.

As classes de solos predominantes na área de estudo caracterizam-se como Neossolos e Argissolos (SANTOS et al., 2018), e o clima da região, de acordo com Köppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso com seca de inverno, caracterizado por um forte período de estiagem, altos valores totais de precipitação anual (média de 2.236 mm ano<sup>-1</sup>) e temperatura média de 25,4°C (CLIMATE DATA, 2019). No período experimental a precipitação pluvial acumulada foi de 1.581 mm e temperatura média de 24,04°C. Os dados foram obtidos da Estação Meteorológica de Carajás, localizada no município de Parauapebas, Estado do Pará, Brasil (FIGURA 2).

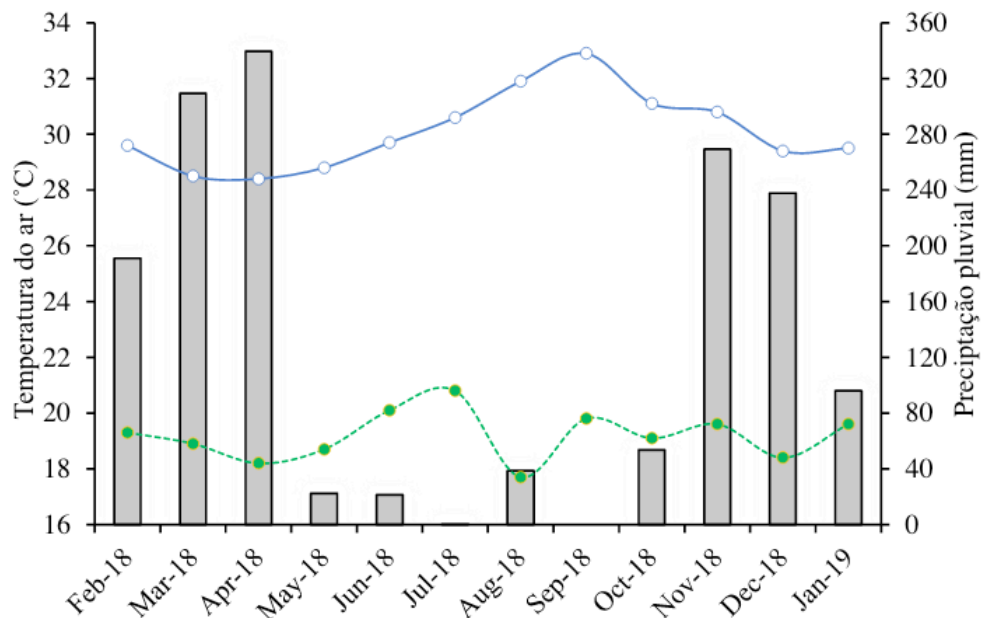


Figura 2 - Precipitação pluvial mensal no entorno do Mosaico de unidades de conservação de Carajás, Pará, no ano de 2018.

Após período de rustificação, as mudas de paricá e de outras espécies nativas foram introduzidas em fevereiro de 2018 em uma área de pastagem degradada de 4 ha, implantando 2.211 mudas de várias espécies nativas, sendo 24 mudas de paricá, apresentando 30 cm de altura. As mudas foram introduzidas no campo em covas de 30 x 30 x 30 cm de profundidade e, sempre que necessário foram realizadas o manejo cultural, com roçadas e fertilizações na área experimental.

As avaliações em campo ocorreram no período de 12 dias após o plantio (fevereiro 2018), oito meses (outubro 2018) e 11 meses (janeiro de 2019), sendo mensurados as variáveis: diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura de planta (AP). A mensuração do DNS foi realizada com um paquímetro manual (FIGURA 3) e a AP (tendo como padrão de medição o nível do solo até a gema apical superior), ocorreu com o auxílio de fita métrica (FIGURA 4) (DUARTE et al., 2016).





Figura 3 - Medição do diâmetro com paquímetro digital.



Figura 4 - Medição de altura com utilização da fita métrica.

O diagnóstico do percentual de mortalidade (PM) do povoamento ocorreu aos dois meses após o plantio (abril 2018), aos 4 meses (junho 2018) e aos oito meses (outubro 2018), realizada a partir da contagem em percentual do número de indivíduos mortos no decorrer do período de avaliação.

A partir dos dados experimentais obtidos foram realizadas estimativas da correlação de Pearson e IMA (incremento médio anual) do diâmetro e altura, utilizando o software Microsoft Office Excel 2016®. Para estimar o grau de relação linear entre duas variáveis aleatórias foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), em que sua intensidade se representa por um valor numérico que oscila entre -1 e 1, sendo adotada a classificação de CARGNELUTTI et al. (2010)

para os graus de correlações baixa ( $\leq 0,3$ ), moderada (0,4 à 0,5) e alta ( $\geq 0,5$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período chuvoso, com precipitação acumulada de 1.581 mm (FIGURA 2), os graus de correlações entre as variáveis DNS e AP das mudas de paricá resultaram em altos valores (TABELA 1), possivelmente, a disponibilidade hídrica influenciou nas variáveis DNS e AP, promovendo os elevados valores da correlação de Pearson, o que indica maior grau de dependência estatística linear (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2009).

AP/DNS	Fevereiro	Outubro	Janeiro
Grau de correlação	0,55	0,35	0,90
Classificação	moderada	fraca	forte

Tabela 1 – Grau de correlação linear entre diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura de planta (AP) de mudas de paricá em área de recuperação ambiental.

Legenda: Correlação entre diâmetro ao nível do solo e altura do povoamento de *Schizolobium parahyba var. amazonicum* (Huber ex Ducke). Canaã dos Carajás – PA, 2018/2019. AP = altura de planta. DNS = diâmetro ao nível do solo.

O mês de fevereiro apresentou segundo CARGNELUTTI et al. (2010) grau de correlação moderada ( $r = 0,55$ ), enquanto em outubro foi correlação fraca ( $r = 0,35$ ), sugerindo que o período de estiagem do ano de 2018 pode ter afetado o desenvolvimento do povoamento de paricá, uma vez que, a precipitação acumulada durante os meses de maio a outubro de 2018 correspondeu à apenas 140 mm (FIGURA 2).

A distribuição das chuvas irregular promoveu alteração nas tendências de crescimento do paricá, uma vez que a estratégia da planta para minimizar a desidratação foliar e evitar a perda contínua de água, é o fechamento estomático (TATAGIBA et al., 2009), o que interfere no metabolismo fisiológico e bioquímico do vegetal (CARDOSO et al., 2017; ATAIDE et al., 2018). O déficit hídrico promove efeito direto na planta, como o fechamento dos estômatos com redução na absorção de nutrientes na solução do solo (AHMAD et al., 2018; SALAZAR-TORTOSA et al., 2018), e indireto por meio da diminuição da taxa de mineralização da matéria orgânica, prejudicando a ciclagem de nutrientes (MAUAD et al., 2011).

No mês de janeiro 2019 verificou coeficiente de correlação alto ( $r = 0,90$ ), possivelmente pelo aumento da disponibilidade hídrica que foi crescente a partir de novembro de 2018, indicando que apesar de ser espécie nativa da região, a baixa

precipitação pode atuar de forma intensa nas variáveis de crescimento do paricá.

As maiores taxas de mortalidade foram observadas no período de estiagem (maio a outubro de 2018), correspondendo a um total de 42% do povoamento no mês de maio de 2019 (Figura 5). Taxa de mortalidade de 10% a 20% de mudas foi considerada referência por ALMEIDA e SÁNCHEZ (2005) em projetos de revegetação em áreas mineradas no Estado de São Paulo.

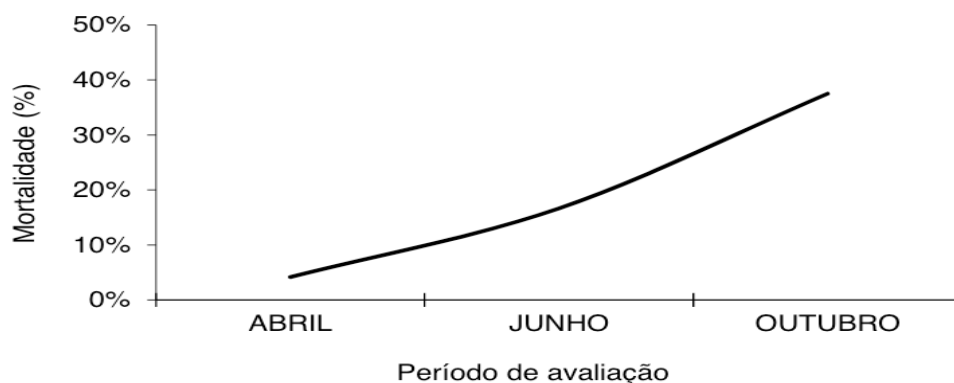


Figura 5: Taxa de mortalidade do Paricá aos dois, quatro e oito meses após o plantio.

Para a variável IMA foi observado um incremento de 2,0159 cm ano<sup>-1</sup> em DNS e 1,4561 m ano<sup>-1</sup> em AP (Tabela 2). Cordeiro et al. (2015), ao avaliar plantios de paricá de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora-PA, verificaram valores superiores de incremento em diâmetro e altura, correspondendo a 4,89 cm ano<sup>-1</sup> e 3,21 m ano<sup>-1</sup> altura em sistema de monocultivo, 3,98 cm ano<sup>-1</sup> e 2,65 m ano<sup>-1</sup> para sistema agroflorestal e 4,25 cm ano<sup>-1</sup> e 2,75 m ano<sup>-1</sup> em sistema de consórcio, valores superiores ao obtido no estudo. Pimentel et al. (2018) ao estudar um sistema agroflorestal em Santarém- PA, obteve para o paricá um incremento em diâmetro e altura de 3,6 cm ano<sup>-1</sup> e 2,16 m ano<sup>-1</sup>, respectivamente, demonstrando que houve um bom crescimento da espécie em detrimento do período chuvoso.

IMA	Fev-Out	Out-Jan	TOTAL
DNS (cm ano <sup>-1</sup> )	1,1675	0,8484	2,0159
AP (m ano <sup>-1</sup> )	0,5488	0,9073	1,4561

Tabela 2 – Incremento médio anual de diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura de planta (AP) de mudas de paricá em área de restauração florestal.

Legenda: Incremento médio anual de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke). Canaã dos Carajás – PA, 2018/2019. AP = altura de planta. DNS = diâmetro ao nível do solo.

O paricá apesar de ser uma espécie nativa, resiliente em ambientes com

grande grau de limitação, apresentou menor desenvolvimento vegetativo em área de recuperação ambiental no entorno do Mosaico da FLONA Carajás nos períodos de menor precipitação hídrica.

#### 4 | CONCLUSÃO

A baixa precipitação hídrica prejudica o desenvolvimento das mudas de paricá implantada em área de recuperação ambiental nas condições edafoclimáticas da região de Carajás.

O paricá apresenta coeficiente de Pearson moderado e fraco (0,55 e 0,35), nos meses de estiagem; mortalidade elevada (42%) e baixas taxas de incremento médio anual (1,45 cm ano<sup>-1</sup> em diâmetro e 2,016 m ano<sup>-1</sup> em altura),

#### REFERÊNCIAS

AHMAD, Z.; ANJUM, S.; WARAICH, E. A.; AYUB, M. A.; AHMAD, T.; TARIQ, R. M. S.; AHMAD, R.; IQBAL, M. A. **Growth, physiology, and biochemical activities of plant responses with foliar potassium application under drought stress – A review**. Journal of Plant Nutrition, v. 41, p. 1734-1743, 2018. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1459688>

ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho**. Revista Árvore, v. 29, p. 47-54. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000100006>

ATAIDE, W. L. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; SILVA, K. R. S.; BRITO, A. E. A.; CARDOSO, K. P. S.; NOGUEIRA, G. A. S.; COSTA, T. C.; OLIVEIRA, T. B.; MARTINS, J. T. S.; MACHADO, L. C. **Growth and gas exchange of Tachigali vulagris submitted to water deficiency**. Revista de Ciências Agrárias, v. 41, p. 771-782, 2018. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17231>

BRANCALION, P. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. **Restauração florestal**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432 p.

CARDOSO, K. P. S.; PALHETA, J. G.; SOUSA, J. C. M.; NASCIMENTO, V. R.; NOGUEIRA, G. A. S.; MACHADO, L. C.; MARTINS, J. T. S.; COSTA, T. C.; ANDRADE JÚNIOR, W. V.; OLIVEIRA NETO, C. F.; SANTOS FILHO, B. G. **Physiological and biochemical metabolism in Jatoba plants (*Hymenaea courbaril* L.) affected by water stress and flooding**. Australian Journal of Crop Science, v. 11, p. 844-852, 2017. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.17.11.07.pne498>

CARGNELUTTI, F. A.; TOEBE, M.; BURIN, C.; SILVEIRA, T. R. D.; CASAROTTO, G. **Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 45, p. 1363-1371, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010001200005>

**CLIMATE DATA**. Disponível em: < <https://pt.climate-data.org> >. Acesso em: 16 fev. 2019.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C. D.; LAMEIRA, O. A., FILHO, A. B. G. **Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *Amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará-PA (Brasil)**. Ciência Florestal, v. 25, p. 679-687, 2015. <https://doi.org/10.5902/1980509819618>

DUARTE, D. M.; ROCHA, G. T.; LIMA, F. B.; MATOS, F. S.; RODRIGUES, F. **Responses of paricá**

**seedlings to water stress.** *Foresta*, v. 46, p. 405-412, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v46i3.39529>

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. **Desvendando os mistérios do coeficiente de (r).** *Revista Política Hoje*, v. 18, p. 115-146, 2009.

LANZA DE SÁ, T. C. L.; MARQUES, M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. **Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva.** *Cerne*, v. 10, p. 184-195, 2004.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; GRASSI FILHO, H. **Dry matter and plant nutrition of upland rice under water deficit and silicon fertilization.** *Semina. Ciências Agrárias*, v. 32, p. 939-948, 2011. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p939>

PIMENTEL, C. R.; CARVALHO, C. D. S. D. S.; PAULLETO, D.; LOPES, L. S. S.; RODE, R. **Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema agroflorestal experimental em Santarém, Pará.** *Revista Agroecossistemas*, v. 10, p. 195-208, 2018.

SALAZAR-TORTOSA, D.; CASTRO, J.; VILLAR-SALVADOR, P.; VIÑEGLA, B.; MATÍAS, L.; MICHELSEN, A.; CASAS, R. R.; QUEREJETA, J. I. **The “isohydric trap”: A proposed feedback between water shortage, stomatal regulation, and nutrient acquisition drives differential growth and survival of European pines under climatic dryness.** *Global Change Biology*, v. 24, p. 4069-4083, 2018. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14311>

SANTOS, J.F.; AGOSTINI, K.; NOCELLI, R.C.F. **Fenologia da floração de espécies lenhosas em área em processo de restauração em Araras, São Paulo.** *Bioikos*, v. 27, p. 3-12, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5. ed., revista e ampliada. DF: EMBRAPA, 2018, 456p.

**SBS (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA)**, disponível em: < <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf> >. Acessado em: 17/03/2020.

SHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; SANTOS FILHO, B. G. **Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente.** *Revista Árvore*, v. 35, p. 791-800, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500004>

SILVA, M.P.K.L.; ROVEDDER, A.P.M.; HUMMEL, R.B.; PIAIA, B.B.; TOSO, L.D.; FELKER, R.M.; PECCATTI, A.; MATIELLO, J. **Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, p. 1-7, 2019. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5612>

SILVEIRA, R.; SILVA, G. F.; BINOTI, D. H. B.; MANHÃES, L. P.; GONÇALVES, A. F. A.; ARAGÃO, M. A. **Custos da produção de madeira de paricá na região de Paragominas, PA.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, p. 597-604, 2017. <http://dx.doi.org/10.4336/2017.pfb.37.92.1508>

SUDING, K.; HIGGS, E.; PALMER, M.; CALLICOTT, J.B.; ANDERSON, C. B.; BAKER, M.; SCHWARTZ, K. Z. S. **Committing to ecological restoration.** *Science*, v. 348, p. 638–640, 2015. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa4216>

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F.; PENCHEL, R. M. **Desempenho de clones de eucalipto em resposta a disponibilidade de água no substrato.** *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 17, p. 179-189, 2009.

TREMACOLDI, C. R.; LUNZ, A. M.; COSTA, F. R. **Cancro em paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) no estado do Pará.** *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 29, p. 69-73, 2009. <http://dx.doi.org/10.4336/2009.pfb.29.92.1508>

org/10.4336/2009.pfb.59.69

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B.R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. **Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*)**. Revista Árvore, v. 36, p.365-371. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200018>

## COMPORTAMENTO INICIAL DA *VIROLA SURINAMENSIS* EM ÁREA DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 01/03/2020

### **Nayra Beatriz de Souza Rodrigues**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/0628928383419984>

### **Kessy Jhonnes Soares da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/4368241122656624>

### **Hermogenes Ronilson Silva de Sousa**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/5658913537343587>

### **Vitória de Cássia Viana Silva Lima**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/7376606634175894>

### **Gabriel Costa Galdino**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/4855788687710329>

### **Daiane de Cinque Mariano**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/0458398387101131>

### **Ângelo Augusto Ebling**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/1452889785005235>

### **André Luis Macedo Vieira**

Instituto Chico Mendes de Conservação da  
Biodiversidade  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/7237763453022524>

### **Cândido Ferreira de Oliveira Neto**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Belém-PA  
<http://lattes.cnpq.br/0327663489224028>

### **Ismael de Jesus Matos Viégas**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Capanema-PA  
<http://lattes.cnpq.br/5645151005844327>

### **Ricardo Shigueru Okumura**

Universidade Federal Rural da Amazônia  
Parauapebas-PA  
<http://lattes.cnpq.br/2875667291793150>

**RESUMO:** A ucuúba é uma espécie nativa da região Amazônica, com escassez de pesquisas sobre o desempenho em áreas de recuperação ambiental. O objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento inicial das mudas de ucuúba submetidas às doses de adubo químico e orgânico em área de pastagem

degradada, localizada no entorno do Mosaico da FLONA Carajás. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, constituídos de cinco tratamentos, assim especificados: T1 – testemunha; T2 – 1L esterco de curral; T3 – 1L esterco de curral + 150g NPK 04:14:08; T4 – 1L esterco de curral + 450g super simples (SS) e aplicação em cobertura de NPK (aos 20 dias após o plantio: 120g NPK 04:14:08); T5 – 1L esterco de curral + 300g SS + 50g NPK 04:14:08 (cobertura aos 20 dias após o plantio: 120g NPK 04:14:08). As avaliações foram realizadas aos 12 dias, 8 e 11 meses após o plantio, mensurando o crescimento em altura (AP), diâmetro ao nível do solo (DNS), taxa de sobrevivência (TS) e incremento médio (IM) de AP e DNS, e os dados experimentais submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a variável DNS o tratamento T5 apresentou os melhores resultados (14,30 mm). Enquanto, na variável AP não verificou diferença estatística, apresentando valor médio de 48,42 cm, e a taxa de sobrevivência das mudas de ucuúba foi de apenas 10%. A partir dos resultados obtidos, verificou que a implantação da ucuúba nas etapas iniciais de sucessão ecológica promoveu insucesso devido, principalmente, à alta taxa de mortalidade, com a recomendação da implantação em áreas que possibilitem condições de sombreamento para o desenvolvimento vegetativo das plantas de ucuúba.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ucuúba, Sucessão ecológica, Crescimento.

## INITIAL BEHAVIOR OF VIROLA SURINAMENSIS IN ENVIRONMENTAL RECOVERY AREA IN BRAZILIAN AMAZON

**ABSTRACT:** Ucuúba is a species native to Amazon region, with little research on performance in areas of environmental recovery. The aim of study was to evaluate the initial development of ucuúba seedlings submitted to doses of chemical and organic fertilizer in a degraded pasture area, located around the Mosaic of FLONA Carajás. The experimental design used was in randomized blocks, consisting of five treatments, as specified: T1 - control; T2 - 1L cattle manure; T3 - 1L cattle manure + 150g NPK 04:14:08; T4 - 1L cattle manure + 450g super simple (SS) and application in NPK cover (20 days after planting: 120g NPK 04:14:08); T5 - 1L cattle manure + 300g SS + 50g NPK 04:14:08 (coverage at 20 days after planting: 120g NPK 04:14:08). The evaluations were carried out at 12 days, 8 and 11 months after planting, measuring growth in height (AP), diameter at ground level (DNS), survival rate (TS) and average increase (IM) of AP and DNS, and the experimental data submitted to the Tukey test at 5% probability. For DNS variable, the T5 treatment showed the best results (14.30 mm). While, in AP variable, there was no statistical difference, with an average value of 48.42 cm, and the survival rate of ucuúba seedlings was only 10%. From the results obtained, showed that implantation of ucuúba in initial stages of ecological succession caused failure, mainly due to high mortality rate, with recommendation of implantation



in areas that allow shading conditions for vegetative development of ucuúba plants.

**KEYWORDS:** Ucuúba, Ecological succession, Growth.

## 1 | INTRODUÇÃO

A exploração intensiva da Amazônia tem ocasionado a perda da fauna e flora, contaminação e/ou destruição dos mananciais hídricos e redução da cobertura florestal (COUTO et al., 2004), acarretando em solos desprotegidos, com modificação nas propriedades físicas, químicas e biológicas (MCGRATH et al., 2001; HARTEMINK et al., 2008). Para reestruturação dessas áreas, é importante a utilização de espécies florestais nativas, que contribuam principalmente para a restauração da funcionalidade ecológica do ambiente (FERRAZ, 2014).

Dentre as espécies nativas da Amazônia destaca-se a *Virola surinamensi* (Rol.) Warb., popularmente conhecida como ucuúba, espécie clímax de ocorrência natural dos ecossistemas de várzea e igapó, que pode alcançar altura de até 35 m, com tronco de 60-90 cm de diâmetro, apresentando produção de sementes, com a distribuição realizada principalmente pela avifauna, e fornecimento de boa quantidade de frutos para animais silvestres, tornando-a indispensável na composição de florestas heterogêneas destinadas a áreas degradadas de preservação (LEITE & LERAS, 1993; LORENZI, 2014).

A ucuúba tem melhor estabelecimento nas comunidades em estado de homeostase, uma vez que apresenta características de crescimento lento ou muito lento e intolerância à luz, exceto nas plantas adultas (BUDOWSKI, 1965). Embora a ucuúba apresente madeira de qualidade, a utilização na silvicultura ainda é incipiente (LEITE & LERAS, 1993).

De acordo com RAIJ (2017), a destruição da vegetação acarreta na redução da fertilidade natural do solo, assim para que as espécies inseridas em áreas degradadas apresentem melhor desempenho é recomendado a aplicação de corretivos e adubos para manutenção da fertilidade do solo (ALMEIDA, 2016). Contudo, ainda são incipientes informações sobre a exigência nutricional no estágio inicial de desenvolvimento de algumas espécies florestais nativas (CECONI et al., 2006)

Portanto, devido a necessidade de selecionar espécies que apresentem bom desempenho em áreas degradadas e considerando o potencial da ucuúba, o objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de ucuúba submetidas a doses de adubo químico e orgânico em área de pastagem degradada em processo de restauração, localizada no entorno do Mosaico da Floresta Nacional de Carajás.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Santa Rita da União – Bloco III, localizada no entorno do Mosaico da FLONA Carajás, com coordenadas  $6^{\circ}29'1.92''S$  e  $50^{\circ}19'21.03''O$ , zona rural do município de Canaã dos Carajás – PA (FIGURA 1). A área do experimento apresenta um histórico de anos de pastejo intensivo e, atualmente, encontra-se em processo de restauração florestal pela parceria entre a Salobo Metais S.A., com acompanhamento do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

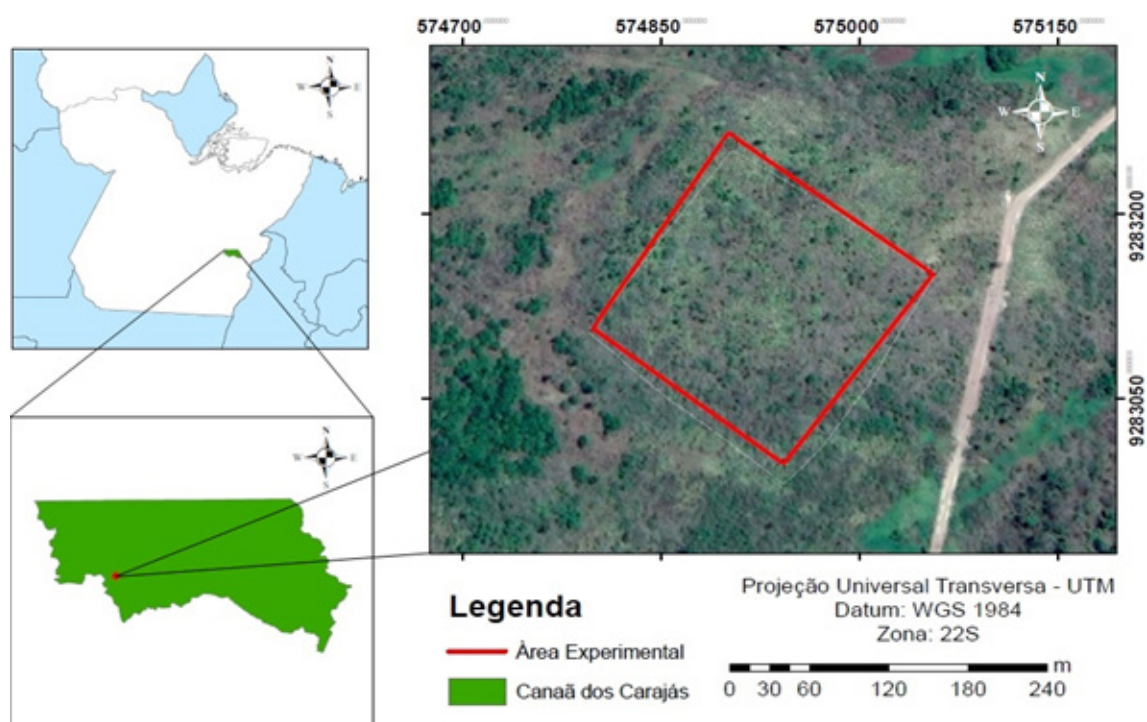


Figura 1: Mapa de localização da área experimental.

O relevo predominante caracteriza como suave ondulado, apresentando grau moderado de pedregosidade, e as classes de solos são da ordem dos Neossolos (constituídos de material mineral, com menos de 20 cm de espessura) e Argissolos (medianamente profundos a profundos, com horizonte B textural com argila de atividade baixa ou alta) (SANTOS et al., 2018).

O clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizada como tropical chuvoso, com chuvas concentradas de dezembro a março, e estação seca de junho a setembro, apresentando valores médios de 1626 mm ano<sup>-1</sup>, 78,2% e 26,8 °C para precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperatura do ar, respectivamente (INMET, 2019).

Durante o período experimental a precipitação pluvial acumulada foi de 1,536 mm e temperatura média de 21,65°C, os dados foram coletados pelo INMET (2019),

oriundos da estação meteorológica de Carajás (A230), localizada no município de Parauapebas-PA, nas seguintes coordenadas: Latitude: -6.077427', Longitude: -50,142265' e Altitude de 707 metros.

O preparo da área para o plantio consistiu em capina química da pastagem existente, sem o uso de fogo, preservando as plantas provenientes do processo de regeneração natural. Foi realizado o balizamento da área para que as mudas ficassem alinhadas, com as covas apresentando dimensões de 30 x 30 x 30 cm de profundidade e a altura das mudas implantadas no campo foi de 30 cm. O plantio ocorreu em fevereiro de 2018, com a aplicação de hidrogel nas covas das mudas, e sempre que necessário, foram realizados os tratos culturais, como: roçagem, coroamento e controle de formigas.

A área experimental correspondeu a 4 hectare, com a identificação de 174 indivíduos que se estabeleceram por meio de regeneração natural. Para o enriquecimento da área foram inseridas 2.211 mudas de espécies nativas, sendo 366 plantas de ucuúba (*Virola surinamensis*).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, dividindo-se a área experimental em 4 blocos de 1 hectare, com 5 tratamentos, assim especificados: T1 – Sem adubação; T2 – 1L de esterco de curral ; T3 – 1L esterco de curral + 150g NPK 04:14:08; T4 – 1L esterco de curral + 450g super simples e aplicação em cobertura de NPK (cobertura aos 20 dias após o plantio: 120g NPK 04:14:08); T5 – 1L esterco de curral + 300g SS + 50g NPK 04:14:08 (cobertura aos 20 dias após o plantio: 120g NPK 04:14:08) (Figura 2).



Figura 2: Adubação em cobertura após o plantio das mudas.

As avaliações foram realizadas aos 12 dias após o plantio (fevereiro 2018) com 174 indivíduos, aos oito meses (outubro 2018) com 133 indivíduos e aos 11 meses (janeiro de 2019) com 17 indivíduos, mensurando o diâmetro do coleto ao nível do solo (DNS) com o uso de um paquímetro manual (Figura 3); altura de planta (AP) tendo como padrão de medição o nível do solo até a gema apical superior, com o auxílio de fita métrica (Figura 4); e a taxa de sobrevivência (TS) e incremento médio (IM) de AP e DNS.



Figura 3: Medição do diâmetro com paquímetro digital.



Figura 4: Medição de altura com utilização da fita métrica.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e aplicou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias dos tratamentos, mediante emprego do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019). Para o cálculo de sobrevivência utilizou-se o Microsoft Office Excel 2010.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implantação a pleno sol da ucuúba resultou em baixa taxa de sobrevivência, com apenas 10% das plantas vivas aos onze meses após o plantio (Figura 5), reforçando a não tolerância da espécie a luminosidade.

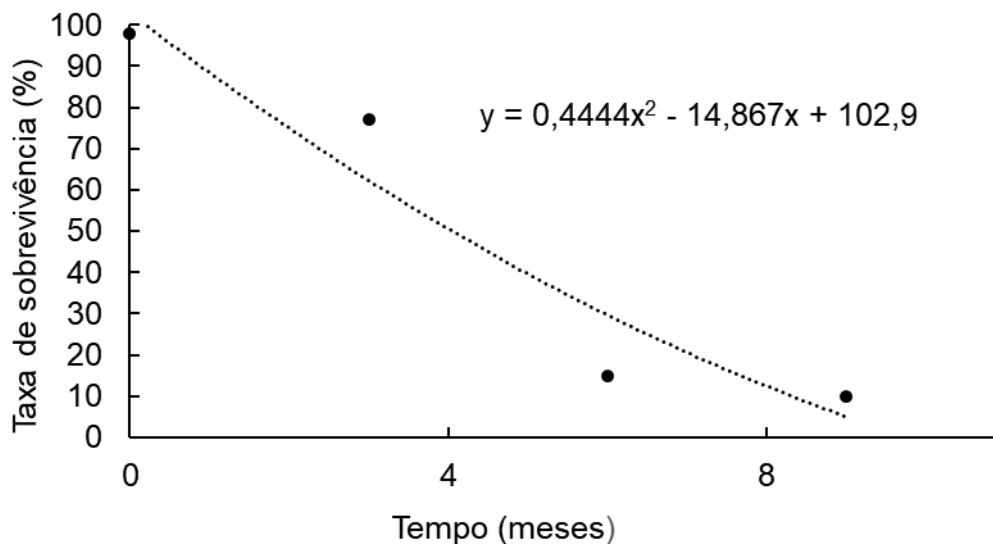


Figura 5: Taxa de sobrevivência da ucuúba aos onze meses após o plantio.

De acordo com Sonoike (1996) e Kitao et al. (2000), a alta intensidade de luz interceptada pela planta pode promover o branqueamento das folhas e posterior morte, devido aos danos no aparelho fotossintético, causado pela foto-oxidação dos pigmentos do cloroplasto, em decorrência da grande quantidade de fotóns de luz, ocorrendo a saturação de luz de forma rápida, e posterior inibição da fotossíntese (RAVEN, 2014).

De acordo com Leite & Lleras (1993), a ucuúba se caracteriza como espécie nativa de várzeas e igapós, e a redução na precipitação acumulada total ( $P_{total} = 1536$  mm), associada a distribuição irregular das chuvas e alta temperatura do ar no período experimental, possivelmente, contribuíram para elevação da taxa de mortalidade, uma vez que a deficiência hídrica influencia no potencial hídrico foliar e na nutrição vegetal, com modificação nos mecanismos bioquímicos e fisiológicos da planta (LIBERATO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2009).

Por ser a parte vegetativa da ucuúba favorecida em condições alagadas, atuando nos fatores essenciais para o estabelecimento, tais como níveis de oxigenação do solo e padrões de sedimentação (SILVA et al., 2007), a ausência da característica alagadiça de planície inundável de floresta de várzea na área em restauração, possivelmente, ocasionou a baixa taxa de sobrevivência da espécie. Adicionalmente, o solo com baixo teor de matéria orgânica reduz a capacidade de retenção de água (ROSSI et al., 2007), interferindo na menor disponibilidade hídrica

para as mudas de ucuúba.

Pelas informações da Tabela 1, observou diferença estatística para a variável diâmetro ao nível do solo, em que o tratamento T5 apresentou maior média (14,30 mm) aos onze meses após o plantio, com os valores médios variando de 9,15 a 14,30 mm.

	FEVEREIRO/2018		OUTUBRO/2018		JANEIRO/2019	
	DNS (mm)	AP (cm)	DNS (mm)	AP (cm)	DNS (mm)	AP (cm)
T1	7,27 <sup>ns</sup>	45,48 <sup>ns</sup>	10,16 <sup>ns</sup>	51,60 <sup>ns</sup>	12,20a*	48,33 <sup>ns</sup>
T2	7,38	48,48	10,00	42,71	10,51a	47,91
T3	7,32	45,09	10,13	54,65	12,02a	63,25
T4	7,22	48,07	9,99	50,16	9,15 a	45,62
T5	7,38	47,22	9,65	42,63	14,30b	37,00
MÉDIA	7,31	46,86	13,898	48,33	11,63	48,42

Tabela 1: Altura e diâmetro ao nível do solo de *Virola surinamensis* durante o período experimental em área de pastagem degradada em processo de restauração, no entorno do Mosaico da Floresta Nacional de Carajás.

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.<sup>NS</sup>: não significativo.

Os tratamentos T1 (12,20 mm), T2 (10,51 mm), T3 (12,02 mm) e T4 (9,15 mm) apresentaram valores inferiores comparativamente ao tratamento T5 (14,30 mm), evidenciando que os extremos, baixa e alta, das doses de fósforo não promoveram incremento no desenvolvimento das mudas de ucuúba. Resultados semelhantes foram descritos por Ceconi et al. (2006), estudando a adubação fosfatada em mudas de açoita cavalo (Malvaceae), verificaram que a dose de máxima eficiência técnica foi de 0,427 g planta<sup>-1</sup> de P, e que doses superiores e inferiores promoveram efeito negativo no desenvolvimento.

Para a variável AP não verificou diferença estatística, independente do período avaliado, associado a valores baixos da taxa de crescimento da ucuúba, que ocorreu possivelmente, em decorrência do excesso de luminosidade. Lima et al. (2007), ao pesquisar o efeito da intensidade de luz no crescimento de mudas de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb., obtiveram melhor resultado de crescimento com o sombreamento de 50% para as variáveis área foliar, matéria seca total, matéria seca na folha, caule e raiz, comparadas com mudas cultivadas sob radiação plena.

Pelos resultados da análise de incremento médio de AP e DNS das mudas observou baixa taxa de desenvolvimento, com valores de 0,02 m e 0,43 cm para a variável altura da planta e diâmetro ao nível do solo, respectivamente. Os valores de incremento médio obtidos no presente estudo são inferiores aos descritos por Souza et al. (2010), que ao analisar o comportamento de espécies florestais como a ucuúba e a castanheira em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de

capoeira na Amazônia, obtiveram o incremento médio anual de 1,3 m para altura e 1,9 cm para diâmetro.

#### 4 | CONCLUSÃO

O plantio da ucuúba nas etapas iniciais do processo de sucessão ecológica em solos aerados resulta em altas taxas de mortalidade (90%), baixo crescimento com incremento médio anual de 1,3 m para altura e 1,9 cm para diâmetro, por não ser tolerante a alta luminosidade e déficit hídrico, sendo indicada a utilização da *Virola surinamensis* no processo de restauração desde que haja sombreamento para diminuir a irradiação e proporcionar melhor desenvolvimento vegetativo.

#### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. D. **Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD)**. 3. Ed. Ilhéus: Bahia, 2016. 200p.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes**. Turrialba, v. 15, n. 1, p. 40-42, 1965.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. **Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada**. Revista Cerne, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

COUTO, J. M.; OTONI, W. C.; PINHEIRO, A. L.; FONSECA, É. D. **Desinfestação e germinação in vitro de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King.)**. Revista Árvore, v. 28, n. 5, p. 633-642, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000500002>

FERRAZ, S. F. B; FERRAZ, K. M. B; CASSIANO, C. C; BRANCOLION, P. H. S; LUZ, D. T. A; AZEVEDO, T. N; TAMBOSI, L. R; METZGER, J. P. **How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning**. Landscape Ecology, v.29, n.2, p.187-200, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9988-z>

FERREIRA, D. F. **Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GONÇALVES, J. F. C; SILVA, C. E. M; GUIMARAES, D. G. **Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100002>

**Instituto do Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP)**, 2014. Disponível em: [http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/Estatistica\\_Municipal/pdf/CanaaCarajas.pdf](http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/Estatistica_Municipal/pdf/CanaaCarajas.pdf); Acesso em: 26 de abr. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – **INMET**. Disponível em: [www.inmet.gov.br/portal/](http://www.inmet.gov.br/portal/). Acesso em: 19 fev. 2019

KITAO, M.; LEI, T. T.; KOIKE, T.; TOBITA, H.; MARUYAMA, Y. **Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with successional traits raised under various light regimes**. Plant, Cell & Environment, v. 23, n. 1, p. 81-89, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00528.x>



- LEITE, A. M.; LLERAS, E. Áreas prioritárias na Amazônia para conservação dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: fase preliminar. *Acta Botanica Brasilica*, v. 7, n. 1, p. 61-94, 1993. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061993000100004>
- LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. **Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery.** *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 18, n. 2, p. 315- 323, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000200008>
- LIMA, J. D.; SILVA, B. M.; MORAES, W. D. **Efeito da intensidade de luz no crescimento de mudas de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb.** *Publicatio UEPG. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, v. 13, n. 2, p. 39-45, 2007.
- LORENZI, H. *Árvores Brasileiras. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil*. 6. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 277p.
- McGRATH, D. A.; SMITH, C.K.; GHOLZ, H.L.; OLIVEIRA, F.A. **Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia.** *Ecosystems*, v. 4, n. 7, p. 625-645, 2001. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0033-0>
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017. 436p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 856p.
- ROSSI, A.; RUFATO, L.; GIACOBBO, C. L.; COSTA, V. B.; VITTI, M. R.; MENDEZ, M. E. G.; FACHINELLO, J. C. **Diferentes manejos da cobertura vegetal de aveia preta em pomar no sul do Brasil.** *Bragantia*, v. 66, n. 3, p. 457-463, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300012>
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., revista e ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2018. 456p.
- SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; HIGUCHI, P.; OLIVEIRA FILHO, A. T. **Comparação florística de florestas inundáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil.** *Revista Brasileira de Botânica*, v. 30, n. 2, p. 257-269, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000200010>
- SONOIKE, K. **Photoinhibition of photosystem I: its physiological significance in the chilling sensitivity of plants.** *Plant and Cell Physiology*, v. 37, n. 3, p. 239-247, 1996. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a028938>
- SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. **Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia.** *Acta Amazonica*, v. 40, n. 1, p. 127-134, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100016>

## BIOMASSA E AGREGAÇÃO RADICULAR EM MINIESTACAS DE MYRACRODRUON URUNDEUVA ALLEMÃO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 25/03/2020.

### **Mellina Nicácio da Luz**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/8959201543385705>

### **Eder Ferreira Arriel**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/2540602463124438>

### **Geovanio Alves da Silva**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/7531807142240240>

### **Rita de Cassia Henriques Delfino**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/9396317790370037>

### **Erika Rayra Lima Nonato**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/5799465167445392>

### **Juliana Araújo Leite**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/8005793393884654>

### **Sérvio Túlio Pereira Justino**

Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Botucatu – SP

<http://lattes.cnpq.br/6435440748550629>

### **Clícia Martins Benvinda Nóbrega**

Universidade Federal de Campina Grande –  
UFCG  
Patos – PB

<http://lattes.cnpq.br/3847819565456948>

### **Valeska Regina Silva Martins**

Universidade Federal Rural de Pernambuco –  
UFRPE  
Recife – PE

<http://lattes.cnpq.br/4734866646952695>

**RESUMO:** A espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* Allemão, conhecida popularmente como Aroeira, pertence à família Anacardiaceae é bastante explorada em virtude da sua grande diversidade de aplicações. Esta espécie é propagada geralmente de forma seminal, no entanto suas sementes quando armazenadas apresentam variações em termos de qualidade, o que reduz seu poder germinativo. Deste

modo, a miniestaquia é uma alternativa de propagação quando há essa limitação. Objetivou-se avaliar a capacidade de enraizamento de miniestacas de *M. urundeuva* em diferentes substratos por meio da agregação de raízes ao substrato e produção de biomassa. Foram avaliados cinco substratos, incluindo uma testemunha, em delineamento inteiramente casualizado, em parcelas constituídas de nove miniestacas e quatro repetições. O minijardim clonal foi formado utilizando mudas originadas de sementes provenientes de árvores matrizes da espécie no município de Patos-PB, alocados em um ambiente do Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Neste local as brotações foram coletadas, confeccionadas miniestacas e plantadas em tubetes contendo os substratos a serem avaliados. Foram coletados dados da massa seca de raízes, massa seca da parte aérea, massa seca total e agregação do substrato às raízes, onde atribuiu-se notas que variaram entre 1 a 4. Realizou-se a análise de variância, teste F e a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott. Os cinco tratamentos utilizados no experimento podem ser utilizados para a propagação clonal da *M. urundeuva*. No entanto, recomenda-se o substrato composto por 50% de casca de coco verde + 50% do coproduto resultante da extração de vermiculita, em virtude do auxílio na redução dos impactos ambientais causados pela deposição deste tipo de material na região de estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** propagação clonal, impacto ambiental, substratos alternativos.

## BIOMASS AND ROOT AGGREGATION IN MINICUTTINGS OF MYRACRODRUON URUNDEUVA ALLEMÃO

**ABSTRACT:** The forest species *Myracrodruon urundeuva* Allemão, popularly known as Aroeira, belongs to the family Anacardiaceae and is widely exploited because of its great diversity of applications. This species is usually propagated seminal, however its seeds when stored have variations in terms of quality, which reduces their germinative power. In this way, minicutting is a propagation alternative when there is such a limitation. The objective of this study was to evaluate the rooting capacity of *M. urundeuva* minicuttings on different substrates by means of root aggregation to the substrate and biomass production. Five substrates, including one control, were evaluated in a completely randomized design, in plots consisting of nine minicuttings and four replicates. The clonal minigarden was formed using seedlings originated from seeds originating from trees of the species in the municipality of Patos-PB, located in an environment of the Forest Nursery of the Federal University of Campina Grande (UFCG). In this place the shoots were collected, made minicuttings and planted in tubes containing the substrates to be evaluated. Data were collected on root dry mass, dry shoot mass, total dry mass and substrate aggregation at the roots, where it was attributed grades ranging from 1 to 4. The analysis of variance was performed, F-test and the comparison of means by the Scott-Knott test. The five treatments used in the

experiment can be used for the clonal propagation of *M. urundeuva*. However, the substrate composed of 50% of green coconut shell + 50% of the co-product resulting from the vermiculite extraction, is recommended because of the aid in reducing the environmental impacts caused by the deposition of this type of material in the study region.

**KEYWORDS:** clonal propagation, environmental impact, alternative substrates.

## 1 | INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa pode ser compreendida como a multiplicação assexuada de partes da planta, com finalidade de gerar um indivíduo com as características genéticas idênticas às da planta mãe, em que não há recombinação gênica, pois utiliza segmentos vegetativos como caules, folhas ou raízes (ZUFFELLATO-RIBAS & RODRIGUES, 2001; FERRARI et al., 2004; HARTMANN et al., 2011).

Existem várias técnicas de propagação vegetativa, e dentre elas, uma que vem sendo muito utilizada para propagação de espécies florestais denominada de miniestaquia, que consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de estaquia, ou mudas produzidas por sementes, em que há o aproveitamento do potencial juvenil dos propágulos para indução do enraizamento (XAVIER et al., 2013; ALFENAS et al., 2004).

Esta técnica possibilita a propagação de genótipos de difícil enraizamento, por favorecer o desenvolvimento do sistema radicial de melhor qualidade em termos de vigor, uniformidade e volume, diminuindo deste modo o período de enraizamento, aclimatação, redução do uso de reguladores vegetais para indução do enraizamento e redução da área de produção, sendo uma alternativa viável para espécies lenhosas de difícil propagação sexuada ou que possui sementes de baixa viabilidade, além de ser uma técnica ambiental e economicamente viável, que apresenta maior acessibilidade de utilização por pequenos e médios produtores (OLIVEIRA et al., 2012; FERRIANI et al., 2010; ALFENAS et al., 2004; SOUZA & ALMADO, 2002).

A espécie florestal *Myracrodruon urundeuva* Allemão, conhecida popularmente como aroeira, aroeira-do-sertão, almecega e urundeuva, pertence à família Anacardiaceae, é encontrada nas regiões Nordeste, Centro-oeste e Sudeste, com domínios fitogeográficos na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (LORENZI, 2002). A árvore da espécie é bastante explorada em virtude da sua grande diversidade de aplicações. A aroeira pode ser utilizada para o tratamento de enfermidades, a casca da sua árvore possui propriedades cicatrizantes, analgésicas e anti-inflamatórias (CABRAL; CARNIELLO, 2004; PEREIRA et al., 2014).

Esta espécie é propagada geralmente de forma seminal, no entanto suas sementes quando armazenadas apresentam variações em termos de qualidade, o que reduz seu poder germinativo ao longo do tempo (BERTONHA, 2015). Deste modo, a miniestaquia de origem seminal é uma alternativa de propagação da espécie quando há limitação na viabilidade das sementes ou produção insuficiente.

Contudo, para obtenção do sucesso na sua propagação por esta técnica clonal é necessário que haja a emissão de raízes. Segundo Xavier et al. (2009) a capacidade de enraizamento das espécies florestais difere drasticamente, e podem ser classificadas em espécies de fácil enraizamento e espécies com resposta pequena ou nenhuma aos estímulos para o enraizamento. De acordo com pesquisas realizadas por Ramos et al. (2016), a *M. urundeuva* não pertence a primeira categoria, e ressalta a necessidade de mais estudos para entender a qual categoria ela deve pertencer.

Entre os fatores que atuam diretamente na influência do enraizamento das miniestacas destaca-se o conhecimento sobre os tipos de substratos a serem utilizados. Para tanto, torna-se fundamental a realização de estudos que indiquem o material mais adequado para fornecer condições ideais para o desenvolvimento de determinada espécie. Além disso, a utilização de compostos alternativos a serem utilizados como substratos podem favorecer o crescimento de mudas, como também auxiliar no reaproveitamento destes tipos de materiais (KRATZ et al., 2013). Para Maeda et al. (2006) é fundamental que o substrato forneça boa agregação ao sistema radicular, pois assim torna-se possível assegurar o bom desenvolvimento das mudas em campo.

Dessa forma, o estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de enraizamento em miniestacas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Aroeira) e sua respectiva agregação em função dos substratos utilizados.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Avaliou-se cinco substratos: substrato comercial Bioplant® – T1 (Utilizado como testemunha); 2/3 de terra de subsolo e 1/3 de esterco animal – T2; pó da casca de coco verde (PC) – T3; coproduto resultante da extração de vermiculita (CV) – T4; e substrato composto por 50% de PC e 50% de CV – T5.

A fonte dos propágulos vegetativos destinados à produção de miniestacas (minijardim clonal) foi formada utilizando mudas originadas de sementes provenientes de árvores matrizes da espécie no município de Patos-PB, alocados em um ambiente do Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com telado que retém 50% da intensidade luminosa e irrigação manual em

regime diário na primeira semana, em seguida quatro vezes por semana.

Para a manutenção do minijardim clonal foram realizados tratamentos silviculturais como desbaste de ervas daninhas, aplicação de fungicidas e inseticidas, entre outros.

Em intervalos de 30 dias foram adicionados, em cada recipiente, três gramas de macro e micronutrientes com a formulação do produto comercial Nutriverde® em solução aquosa: 8% de nitrogênio (N) total, 9% de fósforo (P<sub>2</sub>O); 9% de óxido de potássio (K<sub>2</sub>O); 3% de cálcio (Ca), 2% de enxofre (S); 1% de Magnésio (Mg); 0,03% de Boro (B); 0,005% de Cobalto (Co); 0,2% de Cobre (Cu); 0,2% de Ferro (Fe); 0,005% de Molibdênio (Mo) e 0,35% de Zinco (Zn).

Coletou-se no minijardim clonal da espécie brotações para a confecção de miniestacas com 6,0 cm de comprimento, deixando um ou dois pares de folhas reduzidas à metade em cada, e acondicionados em tubetes de 280 cm<sup>3</sup> que foram apoiados em bandejas com capacidade para suportar 54 tubetes.

O experimento foi instalado em um ambiente do Viveiro Florestal com telado que retém 50% da intensidade luminosa e irrigação automática, onde foi programada para ativar por 20 vezes ao dia, durante um minuto, em intervalos de 30 minutos. Ao atingir 56 dias após o plantio das miniestacas, o material foi transferido para o ambiente do viveiro com irrigação manual onde ocorreu duas vezes ao dia na primeira semana, apenas uma vez ao dia na segunda semana, e a partir da terceira irrigou-se 4 vezes por semana até o encerramento do experimento, aos 118 dias após o plantio das miniestacas. Os demais tratamentos silviculturais, assim como no minijardim clonal, também foi realizado quando necessário. Em intervalos de 30 dias foi adicionado em cada miniestaca um grama (g) de macro e micronutrientes (mesma formulação descrita para o minijardim clonal), diluído em 10 ml de água com auxílio de uma seringa.

Os tratamentos foram avaliados em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em parcelas constituídas de nove miniestacas, com cinco tratamentos (substratos) e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Assim, foram avaliados a massa seca, em gramas, da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA), e agregação dos substratos às raízes, onde atribuiu-se valores que variaram entre 1 a 4 (1: pouca agregação do substrato às raízes; 2: agregação regular; 3: boa agregação e; 4: ótima agregação).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado um valor médio para a agregação de raízes nos substratos de 3,73 (Bioplant®), 1,94 (2/3 de terra de subsolo e 1/3 de esterco animal), 2,24 (pó da casca de coco verde - PC), 1,34 (coproduto resultante da extração de vermiculita-

CV) e 2,21 (50% de PC + 50% de CV) (Figura 1). Para este parâmetro, obteve-se uma média geral do valor de agregação de 3,49. É possível constatar que o Bioplant® obteve resultados superiores aos demais tratamentos, sendo classificado entre os valores de boa e ótima agregação dos substratos às raízes.

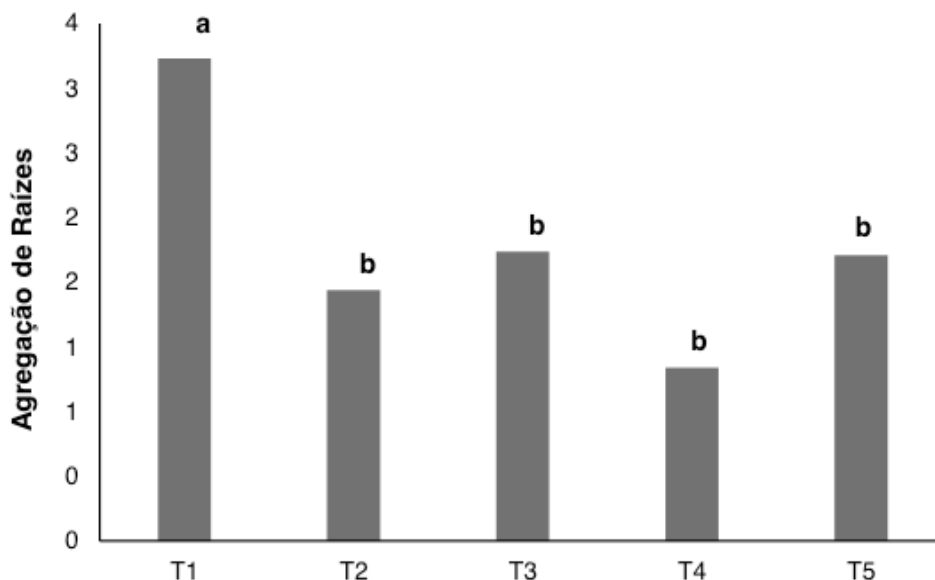


FIGURA 1: Médias da agregação das raízes nos substratos (Notas de 1 a 4) de miniestacas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 118 dias após o plantio

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

T1: Substrato comercial Bioplant®; T2: substrato composto por 2/3 de terra de subsolo e 1/3 de esterco animal; T3: pó da casca de coco verde (PC); T4: coproduto resultante da extração de vermiculita (CV) e T5: 50% de PC + 50% de CV.

Mesmo não diferindo estatisticamente, o substrato composto por pó da casca de coco verde e o composto por 50% de PC + 50% de CV obtiveram valores médios pouco acima dos demais. Assim, pode-se observar que a presença do pó da casca de coco verde na formulação de substratos alternativos contribuíram, nesta pesquisa, com o aumento da capacidade de agregação do substrato.

Kratz (2011) avaliando substratos renováveis para a produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage constatou que os compostos contendo vermiculita/casca de arroz carbonizada (50/50) e os renováveis elaborados a base de fibra de coco/casca de arroz carbonizada em diferentes proporções, bem como alguns substratos contendo biossólido, forneceram maior agregação das raízes ao substrato.

Na Figura 2, para a variável massa seca de raízes (MSR), em gramas, os valores médios foram de 1,01 (T1); 0,69 (T2); 0,47 (T3); 0,55 (T4) e 0,62 (T5), não havendo diferença estatística entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), obtendo média geral

de aproximadamente 0,67g.

Dessa maneira, constata-se que todos os substratos alternativos avaliados garantiram devida capacidade de proporcionar o desenvolvimento das raízes, o qual influencia diretamente nos valores médios de massa seca.

Em relação a massa seca da parte aérea (MSPA), obtiveram-se resultados médios aproximados (em gramas) de 3,77 (T1); 1,97 (T2); 1,34 (T3); 0,96 (T4) e 1,55 (T5) (Figura 2). Neste parâmetro, obteve-se uma média geral de aproximadamente 1,91g. Resultados superiores foram encontrados por Oliveira et al. (2015), avaliando mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos produzidas por miniestacas submetidas a cinco doses crescentes de AIB em 120 dias após o estaqueamento, onde obtiveram o valor médio geral de 2,25g de MSPA.

Para a massa seca total (MST), em gramas, as médias foram de 4,78 (T1); 2,67 (T2); 1,82 (T3); 1,51 (T4) e 2,15 (T5) (Figura 2), com média geral aproximada de 2,58g.

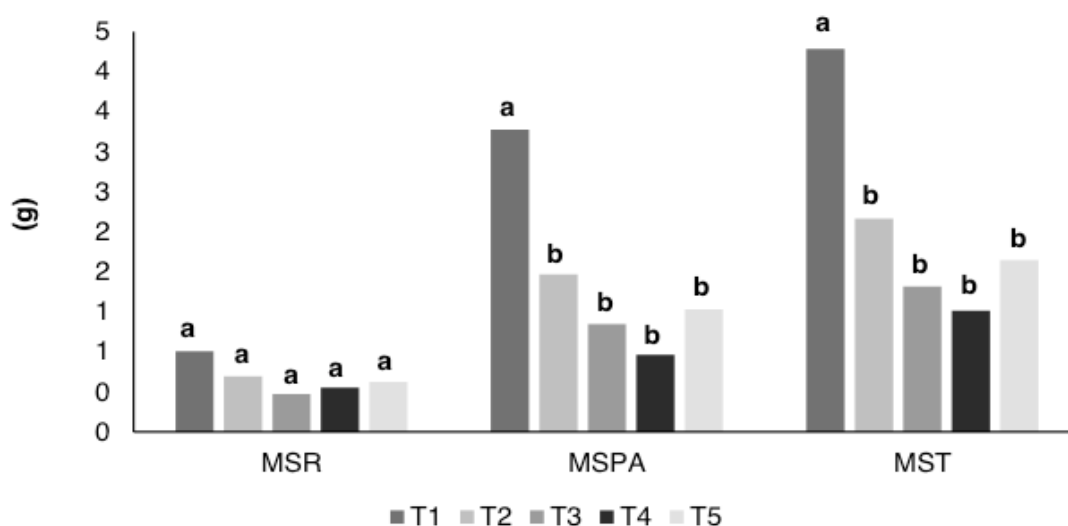


Figura 2: Médias da massa seca de raízes (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) de miniestacas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão aos 118 dias após o plantio.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

T1: Vermiculita; T2: Substrato comercial Bioplant®; T3: substrato composto por 2/3 de terra de subsolo e 1/3 de esterco animal; T4: pó da casca de coco verde (PC); T5: coproduto resultante da extração de vermiculita (CV) e T6: 50% de PC + 50% de CV

Ao analisar a MSPA e MST, é possível constatar que houve diferença estatística entre os tratamentos, havendo superioridade para o Bioplant® (T1), o qual pode ser explicado devido ao mesmo se referir a um substrato comercial. O Bioplant® possui na sua formulação diferentes proporções de matérias primas como fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus e vermiculita, que garantem maior capacidade e qualidade no desenvolvimento das miniestacas.



Com base nos resultados obtidos, recomenda-se avaliar por um tempo maior a formação da muda clonada para a espécie, visando resultados mais consistentes. Além disso, deve-se considerar também a proposta indicada por Luz (2018) na clonagem da espécie *Myracrodruon urundeuva* Allemão, onde a autora aponta a necessidade de avaliar outros materiais em diferentes proporções com o pó da casca de coco verde e o coproduto resultante da extração de vermiculita para se analisar a eficiência destes novos compostos.

## 4 | CONCLUSÕES

Todos os tratamentos utilizados no experimento podem ser utilizados para a propagação clonal da *Myracrodruon urundeuva* Allemão. No entanto, recomenda-se o substrato composto por 50% de casca de coco verde + 50% do coproduto resultante da extração de vermiculita, em virtude do baixo custo e auxílio na redução dos impactos ambientais causados pela deposição destes tipos de materiais na região de estudo.

## REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV. 2004. 442p.

BERTONHA, L. J. **Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva Legal**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2015.

CABRAL, C. D. O.; CARNIELLO, M. A. **Formas de uso medicinal da aroeira, *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., em Porto Limão, Cáceres, MT**. In: IV Simpósio de recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá-MS. 5p. 2004.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Documentos 94. Colombo – Pr: Embrapa Florestas, 2004. 22 p.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@mbiente On-line**, 2010.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; JUNIOR DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th. ed. New Jersey: Englewood Clippis, 2011.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná-UFPR. 2011.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37. n. 6. 1103-1113p. 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4ª Edição, Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, v.1. 384p. 2002.

LUZ, M. N. **Miniestaquia seminal em *Myracrodruon urundeuva* Alemão com o uso de substratos alternativos**. 2018. 44f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. DE C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; AGOSTINI, R. B. **Substratos alternativos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis*, obtidos a partir de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura**. Comunicado Técnico, 157. Colombo: Embrapa Florestas, 5p. 2006.

OLIVEIRA, Y.; ALCANTARA, G. B.; GUEDES, I.; PINTO, F.; QUOIRIN, M.; BIASI, L. A. Substratos, concentrações de ácido indolbutírico e tipos de miniestacas no enraizamento de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel). **Revista Brasileira. Pl. Med.**, Botucatu – SP, v.14, n.4, p. 611-616, 2012.

OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMONICA, K. R.; CARVALHO, V. S.; OLIVEIRA, M. A. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de Ipê-roxo (***Handroanthus heptaphyllus*** Mattos). **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

PEREIRA, P. S.; BARROS, L. M.; BRITO, A. M.; DUARTE, A. E.; MAIA, A. J. Uso da ***Myracrodruon urundeuva*** Alemão (aroeira do sertão) pelos agricultores no tratamento de doenças. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, Havana, v. 19, n. 1, 51-60p. 2014.

RAMOS, G. G.; ARRIEL, E. F.; FREITAS, A. L.; SOUSA, R. R.; NÓBREGA, A. M. F. Clonagem de ***Myracrodruon urundeuva*** Alemão pela técnica de miniestaquia. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v.12, n.4, p.359-367, 2016.

SOUZA, M. R.; ALMADO, R. P. **Produção de mudas na CAF Santa Bárbara Ltda. Miniestaquia clonal em *Eucalyptus sp.*** In ROCHA, M. G. B. Melhoramento de espécies arbóreas nativas. Minas Gerais: Instituto Estadual de Florestas, 2002, 171p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Editora UFV, Viçosa – MG, 272p. 2009.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Editora UFV, Viçosa – MG, 2 ed. 279 p. 2013.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. Aplicação de ácido indol butírico e co-fatores do enraizamento em estacas herbáceas de eucalipto. **SBPN – Scientific Journal**, p.134-136, 2001.

## CORRELAÇÕES GENÉTICAS E AGRUPAMENTOS DE PROGÊNIES DE MYRACRODRUON URUNDEUVA

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 17/04/2020

### **Francieli Alves Caldeira Saul**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5050734448927437>

### **Daniele Fernanda Zulian**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/1031114549379675>

### **Luciane Missae Sato**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/3790292555562660>

### **Lara Comar Riva**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5540070115496058>

### **José Cambuim**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/5152847446700067>

### **Alexandre Marques da Silva**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/7575285155687865>

### **Mario Luiz Teixeira de Moraes**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/9339164677717394>

**RESUMO:** *Myracrodruon urundeuva* possui alto valor econômico pela excelente qualidade da madeira, estudos de correlações entre caracteres de importância econômica têm sido uma ferramenta importante para trabalhos de conservação e melhoramento genético. Foram coletadas sementes em 45 árvores matrizes às margens da rodovia BR 497, na região de Iturama-MG. A produção de mudas e a instalação do teste de progênies foi na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/Unesp), em Selvíria-MS, em outubro de 2017. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com 45 tratamentos (progênies), 48 repetições e uma planta por parcela, no espaçamento de 8,0 m x 4,0 m x 1,4 m, consorciada com três espécies arbóreas. Aos 12 meses de idade foram obtidos dados de

altura de plantas (ALT), diâmetro do coleto à 30 cm do solo (D30). Foram analisadas as correlações genéticas entre os caracteres e feita a análise de agrupamento, pelo método de otimização de Tocher, com base na distância de Mahalanobis. A estimativa do coeficiente de correlação genética, em nível de média nos caracteres ALT e D30 foi alta (89,38%). Isso sugere a possibilidade de seleção em um caráter e a obtenção de ganhos indiretos no outro. O agrupamento de Tocher possibilitou a formação de cinco grupos distintos, com concentração de aproximadamente 80% das progênies no primeiro grupo. Essa formação de diversos grupos divergentes dentro da população de *M. urundeuva* é um indicativo de variabilidade na população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aroeira; Distância genética; Mahalanobis; População; Variabilidade genética.

## GENETIC CORRELATIONS AND GROUPS OF PROGENIES OF MYRACRODRUON URUNDEUVA

**ABSTRACT:** *Myracrodruon urundeuva* has high economic value due to the excellent quality of the wood, studies of correlations between characters of economic importance have been an important tool for conservation works and genetic improvement. Seeds were collected from 45 parent trees on the banks of the BR 497 highway, in the Iturama-MG region. The production of seedlings and the installation of the progeny test was carried out at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE / Unesp), in Selvíria-MS, in October 2017. The experimental design was randomized blocks, with 45 treatments (progenies), 48 repetitions and one plant per plot, with a spacing of 8.0 mx 4.0 mx 1.4 m, intercropped with three tree species. At 12 months of age, plant height data (ALT), stem diameter 30 cm from the soil (D30) were obtained. The genetic correlations between the characters were analyzed and the cluster analysis was performed, using the Tocher optimization method, based on the Mahalanobis distance. The estimate of the genetic correlation coefficient, at the mean level in the characters ALT and D30, was high (89.38%). This suggests the possibility of selecting one character and obtaining indirect gains in the other. Tocher's grouping allowed the formation of five distinct groups, with a concentration of approximately 80% of the progenies in the first group. This formation of diverse divergent groups within the population of *M. urundeuva* is indicative of variability in the population.

**KEYWORDS:** Aroeira; Genetic distance; Mahalanobis; Population; Genetic variability.

### 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande biodiversidade e uma riqueza de conhecimentos tradicionais acumulados por pessoas locais que têm acesso direto à natureza e seus produtos (MACHADO et al., 2012). *Myracrodruon*

*urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae), popularmente conhecida como aroeira, é uma espécie importante na biodiversidade brasileira, tem uma ampla distribuição no Brasil, que vai desde o Estado do Ceará até Paraná e Mato Grosso do Sul, ocorrendo preferencialmente em terrenos secos e rochosos em agrupamentos densos e em formações abertas e muito secas (CARVALHO, 2003).

Possui um alto valor econômico, pois seus produtos servem para diversas finalidades. A madeira possui densidade alta e tem alta concentração de tanino, devido a isso o tronco é muito utilizado para construção civil (LORENZI, 2014). As cascas e resina são utilizadas para produção de tanino, corantes, as flores são melíferas; a planta inteira tem grande importância, como uso na recuperação de áreas degradadas (PAREYN et al., 2018). Também do caule e casca são extraídos extratos etanólicos que exercem atividade anti-inflamatória em vários tipos de inflamação, como edema de pata induzido por carragenina, migração de neutrófilos para cavidade peritoneal e cistite hemorrágica induzida por ciclofosfamida (VIANA et al., 2003). Essas qualidades tornam a espécie muito explorada, deixando-a na categoria vulnerável.

Pupin et al. (2017) relataram que a *M. urundeuva* apresenta o comportamento monodominante em ambientes antropizados, existe uma grande quantidade de indivíduos ocorrendo de forma agregada e altas probabilidades de cruzamentos correlacionados entre aparentados, resultando na elevação dos níveis de endogamia e redução da variabilidade genética.

A avaliação da divergência genética entre as progênies ou populações, com base em caracteres quantitativos, é importante para direcionar a estratégia de melhoramento e/ou conservação genética a ser adotada. Portanto, as informações sobre dissimilaridade genética possibilitam prever os possíveis cruzamentos controlados que possam gerar genótipos mais produtivos. (HUMPHREYS, 1991). Com base na análise da distância genética também é possível identificar genótipos que servem como elo entre a conservação e a utilização dos recursos genéticos disponíveis (VIEIRA et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi estimar a correlação genética de progênies de *M. urundeuva* e estabelecer agrupamentos de acordo com a Otimização de Tocher, a partir da distância de Mahalanobis, para fins de conservação genética *ex situ*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A rodovia BR 497 liga as cidades de Carneirinho-MG a Iturama-MG, na região do Triângulo Mineiro. A vegetação do local é típica de Cerrado. Às margens dessa rodovia ainda é possível de se encontrar a *Myracrodruon urundeuva*. Assim, na

primavera de 2016 foram coletadas sementes em 45 árvores, dessa espécie, sendo que todas foram georreferenciadas. Essas sementes foram levadas para o viveiro da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS (altitude de 357 m), onde foram produzidas as mudas para a instalação de um teste de progênies nesse local. O solo da região é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (SANTOS, 2018). O tipo climático é Aw (verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco), temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.440 mm (FLORES *et al.*, 2016).

O teste está consorciado com outras três espécies (*Astronium fraxinifolium*, *Dipteryx alata* e *Khaya senegalensis*). O plantio foi realizado em outubro de 2017. O delineamento experimental adotado é o de blocos casualizados, com 45 tratamentos (progênies), 48 repetições e uma planta por parcela, no espaçamento de 8,0 X 4,0 X 1,5 m. As plantas foram avaliadas aos 12 meses em relação aos seguintes caracteres: altura total (ALT, m), diâmetro à altura de 30 cm do solo (D30, cm).

A distância genética entre as progênies foi estimada por meio da Distância Generalizada de Mahalanobis ( $D^2 = D^2_{ii}$ ), descrita pela expressão (Cruz & Carneiro 2003):

$$D^2_{ii} = \delta^t \Psi^{-1} \delta$$

em que:

$D^2_{ii}$  = distância de Mahalanobis entre os genótipos  $i$  e  $i'$ ;

$\delta^t = [d_1, d_2, \dots, d_v]$ , sendo  $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$ ;

$\Psi$  = matriz de variâncias e covariâncias residuais;

$Y_{ij}$  = média do  $i$ -ésimo genótipo em relação à  $j$ -ésima variável.

Após a obtenção da matriz de distância ( $D^2$ ), foi realizada a análise de agrupamento pelo Método de Otimização de Tocher (Cruz & Regazzi 2001), no qual se adota o critério de que a média dos valores de  $D^2$  (intracluster) deve ser menor que os valores de  $D^2$  (inter-cluster).

Ambas as análises foram obtidas pelo método REML/BLUP (*Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction*), empregando-se o software genético-estatístico SELEGEN®-REML/BLUP (Resende 2016).

Para análise individual utilizou-se: o “modelo 105”, que é aplicado para avaliação de correlações fenotípicas entre os caracteres (RESENDE, 2007).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa do coeficiente de correlação genética entre os caracteres ALT e

D30 foi considerada alta (89,38%).

A distância de Mahalanobis e o método de aglomeração de Tocher são metodologias mais acuradas para agrupar por critério de classificação, os indivíduos, genitores ou progênies em grupos. A acurácia desse método deve ao fato de serem usados os valores genéticos preditos ao invés de fenotípicos a partir das matrizes de variâncias e covariâncias (RESENDE, 2007). Os grupos são formados de tal forma que tenha homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (CRUZ et al., 2004; BERTAN et al., 2006).

As medidas de dissimilaridade genética indicaram a existência de considerável diversidade genética entre as árvores matrizes, por meio do amplo intervalo de variação ( $x: 28,11$ ;  $y: 0,013$ ). As maiores distâncias genéticas (Tabela 1) encontradas foram entre as progênies 32 e 36 ( $D^2= 28,11$ ), 22 e 32 ( $D^2= 25,66$ ) e 19 e 32 ( $D^2= 24,09$ ); e a progênie 32 foi a que apresentou maiores distâncias entre o maior número de matrizes. As menores distâncias genéticas (Tabela 1) registradas foram entre as progênies 20 e 29 ( $D^2= 0,013$ ), 31 e 40 ( $D^2= 0,021$ ) e 8 e 4 ( $D^2= 0,031$ ).

Prog	Dist Menor		Dist Maior		Prog	Dist Menor		Dist Maior	
	Pro	Distância	Pro	Distância		Prog	Distância	Prog	Distância
1	17	0,0402	32	11,11	24	33	0,0308	32	8,23
2	14	0,0865	32	11,26	25	42	0,1662	44	13,26
3	37	0,1743	32	20,95	26	25	0,7450	44	20,15
4	11	0,0671	22	9,92	27	18	0,2150	32	22,92
5	1	0,1382	32	12,79	28	40	0,0326	32	8,78
6	4	0,0623	32	15,11	29	16	0,1935	32	16,85
7	38	0,0618	32	12,41	30	25	0,3211	3	12,27
8	4	0,0311	22	11,06	31	40	0,0217	32	8,8
9	16	0,1455	32	15,58	32	44	4,1700	36	28,11
10	29	0,1643	32	15,37	33	24	0,0308	32	7,68
11	4	0,0671	36	9,11	34	44	0,5400	22	15,80
12	9	0,0389	32	17,05	35	18	0,1603	32	21,05
13	17	0,2206	26	13,89	36	19	0,8134	32	28,11
14	2	0,0865	32	12,11	37	19	0,1220	32	21,74
15	30	0,2472	3	11,88	38	2	0,4107	32	14,17
16	20	0,1658	32	13,77	39	43	0,1870	36	10,54
17	1	0,0402	26	10,64	40	31	0,0217	32	9,22
18	27	0,2150	32	19,37	41	31	0,1669	32	9,17
19	37	0,1220	32	24,09	42	21	0,0259	32	14,93
20	29	0,0130	32	16,88	43	39	0,1870	36	12,19
21	42	0,0259	32	14,59	44	34	0,5400	22	21,89
22	35	0,3261	32	25,66	45	12	0,1495	32	20,21
23	5	2,1970	32	15,49	-	-	-	-	-

Tabela 1. Distâncias de Mahalanobis ( $D^2$ ) para os caracteres: altura de planta (ALT, m), diâmetro do coleto a 30 cm do solo (D30, cm) em progênies de *Myracrodruon urundeuva*.

Devido a amplitude da divergência genética, houve a formação de cinco grupos heteróticos pelo método de agrupamento de Tocher (Tabela 2). O maior grupo (I) foi formado por 36 progênies (80%), indicando que a divergência genética dentro desse grupo foi pequena e, portanto, existe maior similaridade entre a progênies que a ele pertencem (Tabela 2). Contudo, o número de grupos confirmou a existência de variabilidade genética, mesmo a população sendo de uma área fortemente antropizada como são as margens das rodovias brasileiras.

Grupo	Nº de Progênies	Progênies
I	36	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 35, 38 e 39, 40, 41, 42, 43 e 45
II	4	3, 19, 36 e 37
III	2	34 e 44
IV	2	22 e 26
V	1	32

Tabela 2. Grupos com base no método de agrupamento de Tocher, para caracteres de crescimento em progênies de *Myracrodruon urundeuva*, localizadas no município de Selvíria – MS.

Com bases nesses resultados, ressalta a importância de estabelecer estratégias para conservação *ex situ* da população natural de *M. urundeuva*. De acordo com Pupin et al. (2017), a heterogeneidade de grupos contribui com a identificação de parentais divergentes, possibilitando a formação de combinações de elevada heterose e com a seleção de genótipos promissores, caso seja objetivo de um futuro programa de melhoramento genético.

#### 4 | CONCLUSÃO

A correlação genética entre altura (ALT) e diâmetro à 30 cm do solo (D30) é alta.

A formação de cinco grupos divergentes na população de *Myracrodruon urundeuva*, com base na distância de Mahalanobis, pelo método de agrupamento de Tocher, é um indicativo de variabilidade na população, o que pode ser útil em programas de conservação e melhoramento genético.

#### REFERÊNCIAS

BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; VIEIRA, E.A.; HARTWIG, I.; SILVA, J.A.G.; SHIMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; BUSATO, C.C.; IBEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.3, p.279-286, 2006.



CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 2003. 179p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos Aplicadas ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 2004. 668p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

FLORES, T.B.; ALVARES, C.A.; SOUZA, V.C.; STAPE, J.L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 447p.

HUMPHREYS, M.O. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perene* L.) populations. **Heredity**, London, v.66, p.437-443, 1991.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. v.1. 384p.

MACHADO, A.C.; DEZAN JUNIOR, E.; GOMES-FILHO, J.E.; CINTRA, L.T.A RUVIÉRE, D.B.; ZOCCAL, R.; DAMANTE, C.A.; JARDIM JUNIOR E.G. Evaluation of tissue reaction to Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) extracts: a histologic and edemogenic study. **Journal of Applied Oral Science**, v.20, n.4, p.414-8, 2012.

PAES, J.B.; GUERRA, S.C.S.; SILVA, L.F.; OLIVEIRA J.G.L.; TEAGO, G.B.S. Efeito do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras ao ataque de cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n.4, p.1259-1269, 2016.

PAREYN, F.G.C.; ARAÚJO, E.L.; DRUMMOND, M.A.; MIRANDA, M.J.A.C.; SOUZA, C.A.; SILVA, A.P.S.; BRAZOLIN, S.; MARQUES, K.K.M. *Myracrodruon urundeuva*: aroeira. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018.

PUPIN, S.; FREITAS, M.L.M.; CANUTO, D.S.O.; SILVA, A.M.; ALZATE-MARIN, A.L.; MORAES, M.L.T. Variabilidade genética e ganhos de seleção em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Nativa**, Sinop, v.5, n.1, p.59-65, 2017.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M.D.V. *Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.4, p.330-339, 2016.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C., OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

TUNG, E.C.; FREITAS, M.L.M.; FLORSHEIM, S.M.B.; LIMA, I.L.; LONGUI, E.L.; MORAES, M.L.T.; SANTOS, F.W.; SEBBENN, A.M. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.23 n.1 p.1-12. 2011.

VIANA, G.S.; BANDEIRA, M.A.; MATOS, F.J. Analgesic and antiinflammatory effects of chacones isolated from *Myracrodruon urundeuva* Allemão. *Phytomedicine*, v.10, p.189-95 2003.

VIEIRA, E.; CARVALHO, F.; COSTA, O.A.; MARTINS, L.; BENIN, G.; SILVA, J.; KOPP, M.; HARTWIG, I.; CARVALHO, M.; VALÉRIO, I. Associação da distância genética em trigo estimada a partir de caracteres morfológicos, caracteres fenológicos e dos componentes do rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.161-168, 2007.

## VARIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO EM PROGÊNIES DE *MYRACRODRUON URUNDEUVA* FR. ALL. EM SELVÍRIA, BRASIL

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 16/04/2020

### **Francieli Alves Caldeira Saul**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5050734448927437>

### **Daniele Fernanda Zulian**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/1031114549379675>

### **Alexandre Marques da Silva**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7575285155687865>

### **Maiara Ribeiro Cornacini**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3936373689548055>

### **José Cambuim**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5152847446700067>

### **Regivan Antônio de Saul**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0386218455969293>

### **Mario Luiz Teixeira de Moraes**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Engenharia  
Ilha Solteira – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9339164677717394>

**RESUMO:** *Myracrodruon urundeuva* é uma espécie que possui ampla distribuição no Brasil, pertence à família Anacardiaceae. Atualmente a espécie encontra-se em risco extinção, sendo fundamental estratégias que assegurem sua conservação genética. Assim, a partir da coleta de sementes em uma população natural de *M. urundeuva*, localizada às margens da rodovia BR-497 na região de Iturama-MG, foi instalado um teste de progênies na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/Unesp), em Selvíria-MS, em outubro de 2017. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 45 tratamentos (progênies), 48 repetições e uma planta por parcela, no espaçamento de 8,0 m x 4,0 m x 1,0 m, consorciada com três espécies arbóreas. Aos 12 meses de idade foram obtidos dados de

altura (ALT), diâmetro à 30 cm do solo (D30) e sobrevivência (SOB). As estimativas de parâmetros genéticos foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). A SOB foi alta (>87,0%), a média de ALT e D30 foi de 95 cm e 9,3 mm, respectivamente, apresentando boa adaptação. Foram obtidas diferenças significativas entre as progênies a 1% de significância, para todos os caracteres analisados. Para os caracteres ALT e D30, o coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies, acurácia e coeficiente de variação genética em nível de progênies foram de 0,62 e 0,57; 0,78 e 0,76; 10,23% e 7,97%, respectivamente. A presença de variabilidade genética sugere a utilização, dessa população, em programas de conservação e melhoramento genético na região do Bolsão Sul-mato-grossense.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aroeira; Cerrado; Conservação genética; Parâmetros genéticos; Teste de progênies.

## GENETIC VARIATION FOR GROWTH CHARACTERS IN PROGENIES OF MYRACRODRUON URUNDEUVA FR. ALL. IN SELVÍRIA, BRAZIL

**ABSTRACT:** *Myracrodruon urundeuva* is a species that has wide distribution in Brazil, belongs to the family Anacardiaceae. Currently the species is at risk of extinction, and strategies to ensure its genetic conservation are fundamental. Thus, from seed collection in a natural population of *M. urundeuva*, located on the BR-497 highway in the Iturama-MG region, a progeny test was installed at the Teaching, Research and Extension Farm (FEPE / UNESP), in Selvíria-MS, in October 2017. The experimental design was a randomized block with 45 treatments (progenies), 48 repetitions and one plant per plot, with a spacing of 8.0 mx 4.0 mx 1.0 m, intercropped with three tree species. At 12 months of age, height (ALT), diameter at 30 cm from the ground (D30) and survival (SOB) data were obtained. Estimates of genetic parameters were obtained using the maximum restricted likelihood method and the best non-addicted linear prediction (REML / BLUP). The SOB was high (> 87.0%), the mean ALT and D30 was 95 cm and 9.3 mm, respectively, showing good adaptation. Significant differences were found between the progenies at 1% significance, for all characters analyzed. For the characters ALT and D30, the coefficient of inheritance at the level of progeny average, accuracy and coefficient of genetic variation at the level of progenies were 0.62 and 0.57; 0.78 and 0.76; 10.23% and 7.97%, respectively. The presence of genetic variability suggests the use of this population in conservation and genetic improvement programs in the region of Bolsão Sul-Mato Grosso.

**KEYWORDS:** Aroeira; Cerrado; Genetic conservation; Genetic parameters; Progeny test.

## 1 | INTRODUÇÃO

As formações vegetais, dos diferentes biomas, vêm sendo destruídas por processos antrópicos, que causam a fragmentação na vegetação arbórea. Assim, no Cerrado e nas florestas nativas áreas consideráveis estão sendo destruídas em função da exploração agrícola, pecuária, da silvicultura com espécies exóticas e a necessidade de expansão da infraestrutura dos centros urbanos. Toda essa devastação diminui a base genética de espécies arbóreas, que são fundamentais para a manutenção desses ecossistemas, podendo até colocar algumas dessas espécies em risco de extinção.

É nesse contexto, que se encontra a *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae), conhecida popularmente com aroeira, que é muito afetada pelos processos antrópicos, principalmente, em função da densidade e durabilidade de sua madeira. A elevada concentração de taninos e outros compostos fenólicos caracterizam a madeira como praticamente imputrescível em contato com o solo e com resistência ao ataque de organismos xilófagos (PAES et al., 2016) *M. urundeuva* é descrita como uma árvore heliófita, xerófita, característica de terrenos rochosos e secos, sendo uma espécie ótima para plantio misto em áreas degradadas ou de preservação permanente (CARVALHO, 2003). Apresenta dioiccia, ou seja, presença de indivíduos com flores femininas (Figura A) e masculinas dentro de suas populações (LENZA; OLIVEIRA, 2005).

A forma ideal para a conservação genética das populações de *M. urundeuva* é a conservação *in situ*. No entanto, dada a dificuldade de se proceder esse tipo de estratégia em função das extensas áreas que necessita, que nos estudos de variabilidade genética, fundamentais para manutenção de populações ao longo de gerações, a adoção de um outro tipo de estratégia, que é conservação genética *ex situ*, na forma de testes de progênies, pois permitem entender o comportamento reprodutivo e estabelecer estratégias adequadas para conservação (BERTI, 2017).

Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar a variabilidade genética de uma população de *M. urundeuva* localizada às margens de uma rodovia, na região do Triângulo Mineiro (Figura B), a partir de um teste de progênies, com a proposta de contribuir para conservação genética *ex situ* dessa espécie.



Figura 1. A - Arara se alimentando dos frutos de *M. urundeuva*. B – Coleta de sementes da população natural *M. urundeuva* na região do Triângulo Mineiro.

Fonte: José Cambuim

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

As sementes para produção das mudas do teste de progênes foram coletadas em 45 árvores matrizes, de polinização aberta, em uma população natural de *M. urundeuva* localizada às margens da rodovia BR-497 entre as cidades de Carneirinho e Iturama, Minas Gerais.

As mudas foram produzidas no viveiro da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS, região do Bolsão Sul-mato-grossense. O plantio foi realizado em outubro de 2017 no mesmo local. A vegetação é caracterizada como bioma Cerrado; O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (SANTOS, 2018); tipo climático Aw (verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco) de acordo com a classificação de Köppen; temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.440 mm (FLORES et al., 2016).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, contendo 45 tratamentos (progênes), 48 repetições, uma planta por parcela, no espaçamento de 8,0 X 4,0 X 1,5 m. O teste está consorciado com: *Astronium fraxinifolium*, *Dipteryx alata* e *Khaya senegalensis*.

Aos 12 meses de idade foram obtidos dados para *M. urundeuva* relacionados

à sobrevivência (SOB, %) e aos caracteres de crescimento: altura (ALT) e diâmetro à altura de 30 cm do solo (D30).

As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado), por meio do procedimento REML/BLUP (*Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction*), empregando-se o *software* SELEGEN (RESENDE, 2016). Para análise individual utilizou-se: o “modelo 95”, que é aplicado para avaliação de progênies de polinização aberta (considerando meias-irmãs), delineamento de blocos completos, em um local, uma única avaliação de dados e uma observação por parcela, conforme o modelo estatístico (RESENDE, 2007):

$$y = Xr + Za + e;$$

em que:  $y$  é o vetor de dados;  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;  $a$  é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. As expressões para as estimativas dos parâmetros genéticos podem ser encontradas em Vencovsky e Barriga (1992), entre outros.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência (SOB) aos 12 meses de idade em Selvíria-MS, foi considerada alta (87%), visto que as progênies são oriundas de uma população de outro estado, com condições edafoclimáticas distintas do local de plantio. As médias para os caracteres de crescimento foram 0,95 m para ALT e 0,93 cm para D30. Esses resultados sugerem que a espécie pode se adaptar ao local de plantio, pois apresenta um bom desenvolvimento inicial para a espécie.

A análise de *deviance* realizada a partir do teste de razão de verossimilhança (LRT) apresentou valores significativos a 1% com um grau de liberdade para todos os caracteres silviculturais (Tabela 1), indicando que existe diferença significativa entre os tratamentos (progênies). Pupin et. al (2017) também obtiveram resultados significativos para altura e DAP em um teste de progênies de *M. urundeuva*, instalado em Selvíria-MS, para uma população procedente de Ribeirão Preto, aos quatro anos de idade.

Estimativas		ALT (m)	D30 (cm)
$\hat{h}_a^2$		0,13±0,04	0,10±0,04
$\hat{h}_m^2$		0,62	0,57
$r_{aa}$		0,78	0,75
$CV_{gi}$ (%)		20,50	15,90
$CV_{gp}$ (%)		10,32	7,96
$CV_e$ (%)		55,80	47,61
$CV_r$		0,18	0,16
$\hat{m}$		0,95	0,93
LRT ( $\chi^2$ )		17,26*	11,68**

Tabela 1. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, aos 12 meses de idade, em Selvíria, MS.

$\hat{h}_a^2$  : herdabilidade individual no sentido restrito;  $\hat{h}_m^2$  : herdabilidade da média de progênies;  $r_{aa}$  : acurácia;  $CV_{gi}$  : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}$  : coeficiente de variação genética entre progênies;  $CV_r$  : coeficiente de variação relativa; LRT: Teste da razão de verossimilhança;  $\chi^2$  qui-quadrado da *deviance*. \*\*Significativo a 1% de significância, com um grau de liberdade.

As herdabilidades a nível de média de progênies apresentaram valores altos, 0,62 e 0,57 para ALT e D30 respectivamente. Para a herdabilidade individual, ambos os caracteres resultaram em valores médios de 0,13 para ALT e 0,10 para D30. Sugerindo um razoável controle genético das variáveis analisadas. Freitas et al. 2006, estudando progênies de *M. urundeuva* aos três anos de idade sob diferentes sistemas de plantio, encontraram valores de herdabilidade individual variando de 0,09 a 0,25 para o caráter altura total de plantas e 0,02 a 0,39 para o diâmetro do colo. Para outra espécie importante do cerrado, *Caryocar brasiliense*, Giodani et al., 2012 encontraram aos 12 meses de idade, valores de herdabilidade individual para altura e diâmetro do colo de 0,36 e 0,18, respectivamente. Para Sebbenn et al. (1998), um coeficiente de variação genética acima de 7% pode ser considerado alto. Dessa forma, os valores foram adequados ( $CV_{gi} > 15\%$ ) e ( $CV_{gp} > 7\%$ ) para ALT e D30 (Tabela 1). Pupin, et al, (2017) encontraram valores de coeficiente de variação genética individual de alta magnitude ( $>20\%$ ) para caráter altura em progênies de *M. urundeuva* aos 4 anos de idade.

De acordo com Resende e Duarte (2007), as estimativas para acurácia ( $r_{aa}$ ) em ambos os caracteres foram classificadas como altas ( $>70\%$ ), sugerindo que



a obtenção dos parâmetros genéticos é confiável. Para o coeficiente de variação relativa (CVr), os valores foram considerados como baixos para ALT e D30, 0,18 e 0,16, respectivamente. Costa et al. (2005), estudando progênies de *Leucena leucocophala* aos 13 meses, encontraram valores de baixa magnitude, e atribuíram este fato à idade de avaliação e consideram que há possibilidade de ocorrer maior expressão genética em idades mais avançadas.

#### 4 | CONCLUSÃO

A população de *Myracrodruon urundeuva* apresenta sobrevivência, desenvolvimento em altura (ALT) e diâmetro a 30 cm (D30) que permitem inferir a boa performance, dessa população, na região do Bolsão Sul-mato-grossense em reflorestamentos direcionados a recuperação de áreas degradadas por efeito antrópico.

A variação genética detectada para os caracteres ALT e D30 é um indicativo da utilização dessa população em programas de conservação e melhoramento genético.

Novas avaliações devem ser realizadas para acompanhar o desempenho das progênies ao longo dos anos e identificar genótipos promissores para compor futuros programas de conservação e melhoramento genético.

#### REFERÊNCIAS

BERTI, C.L.F.; KAMADA, T.; MORAES, M.A.; ALVES, P.F.; SILVA, A.M.; MORAES, M.L.T.; BERTI, P.S. Diversidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* localizadas nos municípios de Brasilândia/MS, Indiará/GO e Iturama/GO estimada por marcadores microssatélites. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.26, n.2, p.203-216, 2017.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 2003. 179p.

COSTA, R.B.; RESENDE, M.D.V.; CONTINI, A.Z.; ROA, R.A.; MARTINS, W.J. Avaliação genética de progênies de *Leucaena leucocephala* [(Lam.) De Wit] em áreas da reserva indígena, em Caarapó, MS. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.15-21, 2005.

FLORES, T.B.; ALVARES, C.A.; SOUZA, V.C.; STAPE, J.L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 447p.

FREITAS, M.L.M.; AUKAR, A.P.A.; SEBBENN, A.M.; MORAES, M.L.T.; LEMOS, E.G.M. Genetic variation in progenies of *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão in three cultivation systems. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.319-329, 2006.

GIODANI, S.C.O.; FERNANDES, J.S.C.; TITON, M.; SANTANA, R.C. Genetic parameters for growth traits in the early stages of the pequi tree. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.146-153, 2012.

PAES, J.B.; GUERRA, S.C.S.; SILVA, L.F.; OLIVEIRA J.G.L.; TEAGO, G.B.S. Efeito do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras ao ataque de cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.26, n.4, p.1259-1269, 2016.

LENZA, E.; OLIVEIRA, P.O. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dioica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.1, p.179-190, 2005.

PUPIN, S.; FREITAS, M.L.M.; CANUTO, D.S.O.; SILVA, A.M.; ALZATE-MARIN, A.L.; MORAES, M.L.T. Variabilidade genética e ganhos de seleção em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Nativa**, Sinop, v.5, n.1, p.59-65, 2017.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.182-194, 2007.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M.D.V. *Software* Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.4, p.330-339, 2016.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C., OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.

SEBBENN, A.M.; SIQUEIRA, A.C.M.F.; KAGEYAMA, P.Y.; MACHADO, J.A.R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.53, p.31-38, 1998.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

## AS FLORESTAS URBANAS SOB A ÓTICA DA CONSERVAÇÃO GENÉTICA

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data da submissão: 17/04/2020*

### **Lara Comar Riva**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira  
– Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia  
Ilha Solteira – SP

<https://orcid.org/0000-0002-2098-4620>

### **Marcela Aparecida de Moraes**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônômicas –  
Departamento de Produção Vegetal  
Botucatu-SP

<https://orcid.org/0000-0003-3572-9291>

### **Mayara Aparecida de Moraes**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Humanas e Sociais – Departamento de História.  
Franca-SP

<http://lattes.cnpq.br/2678611905289408>

### **Mario Luiz Teixeira de Moraes**

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira  
– Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia  
Ilha Solteira – SP

<https://orcid.org/0000-0002-1076-9812>

**RESUMO:** Desde a colonização, o Brasil sofre intensa exploração de suas riquezas naturais. Infelizmente, após 520 anos, o país não conseguiu atingir as metas de redução da perda da biodiversidade. Essa segue diminuindo nas últimas quatro décadas, apesar do incremento de algumas iniciativas, como a ampliação das Unidades de Conservação (UC). Embora essas áreas sejam uma das principais estratégias para a conservação, apresentam algumas desvantagens como depender de eficiente e constante manejo e monitoramento; pode exigir grandes áreas; além do que a conservação de uma espécie em um ou poucos locais de ocorrência não significa, necessariamente, a conservação de toda a sua variabilidade genética. Nesse contexto, o uso de outras estratégias de conservação genética de espécies arbóreas é urgente para frear a erosão genética eminente. Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo mostrar ao leitor a importância da conservação genética de espécies arbóreas na forma de paisagismo nas cidades. Devido ao atual estado de conservação das espécies e seus respectivos biomas, percebe-se a necessidade de que esse tema tenha sua discussão ampliada para agregar novas e necessárias abordagens, já que a questão da perda de espécies requer

respostas urgentes e afeta diretamente a sociedade brasileira e as florestas urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiversidade; colonização; paisagismo; unidades de conservação; variabilidade genética.

## URBAN FORESTS UNDER THE VISION OF GENETIC CONSERVATION

**ABSTRACT:** Since colonization, Brazil has suffered intense exploitation of its natural wealth. Unfortunately, after 520 years, the country has failed to achieve the goals of reducing biodiversity loss. This has been decreasing in the last four decades, despite the increase in some initiatives, such as the expansion of Conservation Units (UC). Although these areas are one of the main conservation strategies, they have some disadvantages such as depending on efficient and constant management and monitoring; may require large areas; in addition, the conservation of a species in one or a few places of occurrence does not necessarily mean the conservation of all its genetic variability. In this context, the use of other strategies for the genetic conservation of tree species is urgent to curb imminent genetic erosion. Thus, this chapter aims to show the reader the importance of genetic conservation of tree species in the form of landscaping in cities. Due to the current conservation status of species and their respective biomes, there is a need for this topic to have its discussion expanded to add new and necessary approaches, since the issue of species loss requires urgent responses and directly affects Brazilian society and urban forests.

**KEYWORDS:** Biodiversity; colonization; landscaping; conservation units; genetic variability.

## INTRODUÇÃO

Paisagem refere-se a extensão do território que se abrange com um lance de vista (ABBUD, 2016). Essa é resultado de um processo evolutivo e que se formou em consequência do clima, relevo e dos habitantes daquele lugar.

A partir do momento que o homem dominou as técnicas da agricultura, o mesmo deixou de ser nômade e passou a formar as civilizações (NASS, 2001). Desta forma, as ações antrópicas acarretaram na redução das espécies arbóreas nas áreas urbanas, afetando o ambiente e a saúde do homem e também na quase extinção de espécies arbóreas brasileiras (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002; QUEIROGA, 2002; PELLEGRINO e CORMIER, 2008; HERZOG e ROSA 2010).

Assim, o presente trabalho propôs realizar uma revisão bibliográfica sobre as técnicas utilizadas para o planejamento da arborização nas cidades sob a ótica da conservação genética.

Para alcançar esses objetivos, no primeiro momento apresentar-se-á os ecossistemas urbanos, em seguida, mostrar-se-á a infraestrutura verde, suas

tipologias e, posteriormente discutir-se-á a importância da conservação genética para as florestas urbanas. Ao final serão apresentadas as últimas considerações do presente levantamento bibliográfico.

## **Ecosistemas urbanos**

O ecossistema urbano é a interação dos elementos naturais, dos elementos construídos e do homem (HERZOG e ROSA, 2010). O ecossistema urbano brasileiro, está relacionado, tanto com a história da ocupação, quanto da colonização brasileira, que, por sua vez, está ligada com a paisagem florestal encontrada pelos colonizadores.

O momento da ocupação é aquele em que a sociedade colonizadora buscar extrair e manter domínio sobre o espaço colonizado, sem que haja, de fato, a construção de uma estrutura física local por parte da população que chega, no caso brasileiro a ocupação relaciona-se com extração de espécies arbóreas. Verifica-se como fato histórico o nome do país “Brasil” levado da árvore “*Caesalpinia echinata Lam*” (LORENZI, 2002), conhecida popularmente “Pau-Brasil” (REZENDE, 2011).

Já a colonização, propriamente dita, ocorre quando o colonizador busca ocupar e cultivar novos territórios para domínio, havendo exploração e instalação cultural, pois a cultura do colonizador é transposta para o novo território. Na maioria dos casos, entretanto, o território colonizado já está ocupado, com habitantes que possuem cultura e estruturas sociais próprias, o que pode dar margem a diferentes formas de contato e ao nascimento de novas sociedades. (SILVA e SILVA, 2009). O Brasil não foi exceção a esse processo. Os portugueses adotaram o uso da mão-de-obra escrava por meio do cultivo e da exploração da cana – de - açúcar e a construção de seus engenhos que, posteriormente, ditaram o modelo predominante para a estrutura das grandes propriedades como sendo o tipo de exploração agrário no país (PRADO JÚNIOR, 2008).

Desde então, o país passou por novos ciclos produtivos, tais como: café, cana-de-açúcar e álcool, ouro e pecuária (BACHA, 2012), contudo o extrativismo sempre esteve presente, sendo utilizado o trabalho escravo, em um primeiro momento com os indígenas que aqui estavam e posteriormente a mão-de-obra de negros trazidos da África. (PRADO JÚNIOR, 2008). Esse processo de escravização, de certa forma, colaborou para a miscigenação cultural da América portuguesa, graças ao contato que indígenas e africanos tinham com a casa grande, os missionários, a responsabilidade de cuidar dos filhos das senhores, dentre outros fatores, possibilitando trocas de conhecimento cultural, religioso e principalmente do território do Novo Mundo, bem como sua fauna e flora.

Com a integração ao longo do século dos hábitos e costumes do indígena que

aqui estava, do europeu que chegou e do africano que trouxeram a força, tem-se o nascimento da cultura brasileira como é hoje e que serve de base também para a construção do nosso ecossistema. (HOLANDA,1995). Essa integração se traduz em tratados de cirurgiões portugueses, como Luís Gomes Ferreira, que escreveu o Erário Minera, em que ele registra o uso de plantas típicas do Brasil como a embaúba e o jenipapo, para fins medicinais. (FERREIRA, 2002)

Para Bacha, o modelo econômico de exploração rural e, com isso, de uma sociedade predominantemente rural permaneceu até a década de 1920. Entretanto, após a quebra da bolsa de Nova York e a Segunda Guerra Mundial no cenário internacional e o interno brasileiro foi se alterou (BACHA, 2012).

A passagem do Brasil rural para o urbano, segundo Queiroga (2012), no século XX, acarretou uma diversificação do ecossistema natural. Nesse sentido, Santos (1997) verifica a transformação da paisagem natural para a artificial por meio das ações do homem.

Para Bouçinhas et al. (2007), essa mudança decorre dos interesses políticos, econômicos, acadêmicos e, também de uma polarização entre natureza versus urbanização. No Brasil essa mudança aconteceu sem planejamento e sem restrição, levando a antropização de áreas florestais (QUEIROGA, 2012). Porém, de acordo com Sérgio Buarque de Holanda, desde a época da colonização, os portugueses construíam suas vilas de acordo com o relevo da região, diferenciando dos espanhóis, que faziam suas cidades como prolongamentos orgânicos da Espanha, onde havia uma organização rígida, diferentemente do que ocorria na América portuguesa. (HOLANDA, 1995)

O ecossistema urbano conta com produção, consumo, concentração de energia, decomposição e ciclo de nutrientes próprios, formando um ciclo e levando a construção do cotidiano.

Heller (1970) conceitua o cotidiano como sendo a vida do próprio homem. Dessa forma, o cotidiano do povo brasileiro é oriundo da época, da geração e da história. A antropologia, o cotidiano das cidades e das comunidades considerando os ecossistemas locais desenvolvidos (MINAYO, 1994).

Para Herzog e Rosa (2010), as atividades humanas acontecem em meio a fluxos bióticos e abióticos. Sendo os elementos do fluxo abiótico dizem respeito aos ciclos naturais como o geológico, o hidrológico e o biológico. Já o fluxo biótico refere-se a infraestrutura verde, que compreende a área social, circulatória e metabólica da população.

## **Infraestrutura verde**

O termo “Infraestrutura Verde” surgiu em meados de 1990, na Flórida, em um

relatório que defendia que os sistemas naturais eram componentes tão importantes quanto os cinzas para a infraestrutura urbana (FIREHOCK, 2010).

A Infraestrutura Verde relaciona-se com o planejamento e a gestão ambiental urbana (BENINI, 2015), e suas tipologias são consideradas elementos estruturadores da paisagem, funcionando como a base da urbanização. Esse termo pode ser usado em inúmeras situações, dependendo do contexto, ou seja, desde o plantio adequado de árvores em áreas urbanas até estruturas de engenharias (FRANCO, 2010).

De forma poética, o termo pode ser entendido como a interação de todos os sistemas naturais: o verde referente a produção de biomassa e o azul, a circulação de água. Segundo Madureira (2012), as massas de água, enquanto elemento de conexão das estruturas verdes, podem ser chamadas de Infraestrutura Verde-Azul.

Segundo Benedict e McMahon (2006), a Infraestrutura Verde conecta ecossistemas e paisagens em um sistema de *hubs*, *links* e *sites*. *Hubs* “ancoram a rede de Infraestrutura Verde e proporcionam espaços para plantas nativas e comunidades de origem animal, bem como são origem ou destino para a vida selvagem, pessoas e processos ecológicos que se deslocam através do sistema”. *Links* “são conexões que ligam os sistemas” e os *Sites* “são menores que os *hubs* e podem não estar ligados a uma comunidade maior”.

Para os autores Benedict e McMahon (2006), a infraestrutura verde pode ser entendida a partir de sete princípios:

1. A infraestrutura verde deve funcionar como o quadro de conservação e desenvolvimento;
2. *Designer* e planejamento da infraestrutura verde antes do desenvolvimento da cidade;
3. Sistema conectado é a chave;
4. Infraestrutura funciona a partir de jurisdições e em diferentes escalas;
5. Infraestrutura verde é fundamental na voz da ciência e nas teorias e práticas do uso da terra;
6. Infraestrutura verde é um investimento público crítico;
7. Infraestrutura verde engaja parcerias chave e envolve várias partes interessadas.

Segundo Pellegrino e Cormier (2008), a técnica é uma forma de aproveitar os serviços que a natureza pode prestar ao ambiente urbano, identificando os elementos, tanto naturais como essenciais e “prestadores de serviços”. (PELLEGRINO, 2017).

Nesse sentido, Madureira (2012) verifica que as estratégias relacionadas a Infraestrutura Verde incidem cada vez mais no aproveitamento de recursos associados a estruturas lineares de paisagens preexistentes, naturais ou não, como sistemas pluviais ou infraestruturas viárias e ferroviárias.

A infraestrutura verde sob ótica da arborização urbana, proporciona inúmeros fatores positivos, desde quantitativos como: diminuição da ilha de calor, diminuição da poluição atmosférica, sonora, sombra e aumento da fauna, uma vez que serve de habitat para várias espécies, promover infiltração da água da chuva etc. (FILHO SILVA e TOSETTI, 2010; HERZOG e ROSA, 2010; PELEGRINO e CORMIER, 2010; DOBBERT, 2015) aos qualitativos como o aumento do bem estar da população e conseqüentemente qualidade de vida (DOBBERT, 2015) e de serviços sociais (SILVA FILHO e TOSETTI, 2010).

A técnica prevê que todas as áreas do ecossistema urbano: praças, avenidas, ruas, jardins se agreguem e sejam integradas a infraestrutura verde, formando conexões urbanas. Essas articulações permitem a biodiversidade, o fluxo de água e de pessoas (HERZOG e ROSA, 2010; BENEDICT e MACMAHON, 2006).

Assim, a infraestrutura verde pode permitir a conservação *ex situ* de espécies arbóreas nativas.

## Tipologias

Os elementos estruturadores da paisagem na infraestrutura verde são denominados de tipologias. Percebe-se que estas são de fácil entendimento, bem como funcionam em escalas menores, viabilizando a malha urbana e o projeto (BONZI, 2015). Dentre estes elementos, pode-se citar: *i*) Jardim de chuva, que são depressões menores no terreno que recebe a água oriunda do escoamento superficial; *ii*) Canteiro pluvial sendo depressões maiores no terreno que recebem a água oriundas do escoamento superficial; *iii*) Biovaleta que são depressões lineares no terreno com vegetação que recebem a água oriunda da chuva e pode conectar outras tipologias de infraestrutura verde; *iv*) Lagoa pluvial, que consiste em bacias de retenção e recebem a água da chuva oriunda por escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais; *v*) Alagado construído, que são bacias de retenção com maior vegetação (submersa, flutuante, emergente ou fixa flutuante) e recebem a água da chuva oriunda por escoamento superficial por drenagens naturais ou tradicionais; *vi*) Cisterna, que consiste em estrutura que capta e armazena água; *vii*) Teto verde, sendo vegetações utilizadas em cima de lajes ou telhados; *viii*) Pavimento drenante, composto por superfícies construídas que permitem a infiltração da água no solo, seja por meio da porosidade, seja por meio dos interstícios entre suas unidades constituintes; *ix*) Córrego reabilitado sendo uma abertura de galerias pluviais subterrâneas anteriormente enterradas; *x*) Parque linear, sendo a criação de parques permitem serviços ambientais e possibilidades para a população (recreação, atividade física, convívio, etc.); entre outras.

Além destas tipologias, Pellegrino e Cormier, 2008, trazem:



Grade verde: Consistiria no conjunto das tipologias anteriores, de forma que formem uma “rede de intervenções para setores urbanos inteiros”. Assim, a aplicação da tipologia adequada nos pontos chaves, aumentará a escala do projeto.

### **Arborização urbana brasileira**

A conexão dessas tipologias pode acontecer a partir da arborização urbana e, pode ser descrita como a somatória dos elementos vegetais de porte arbóreo encontrados em perímetro urbano, tanto em espaços públicos como privados.

O conceito de arborização urbana, com as novas percepções e técnicas, tornou-se mais abrangente, sendo denominada como floresta urbana (MOURA, 2010). Para Herzog e Rosa (2010), esse termo é utilizado ao denominarmos o conjunto de árvores que se encontram na cidade e permite maiores benefícios ecossistêmicos (HERZOG e ROSA, 2010). Esse conjunto pode ser encontrado em áreas privadas, públicas, ruas, avenidas, parques, praças, jardins e em áreas nativas residual (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002).

As áreas privadas estão relacionadas a residências, comércio, indústria, clubes, hospitais etc. Essas áreas permitem uma gama variável de árvores e jardins (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002). As áreas públicas, relacionadas a parques, praças e jardins, podem ser consideradas áreas de “pracialidades” (QUEIROGA, 2002), que permitem o uso de todos os tipos de árvores. A arborização em áreas nativas residual, normalmente, são naturais e propiciam grandes benefícios ao ecossistema urbano, uma vez que auxilia no clima, na drenagem urbana e possuem uma maior interação de fauna e flora (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002).

A utilização de árvores em ruas e avenidas, ainda é muito discutido, uma vez que influencia no cotidiano direta e indiretamente da população (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002), e por isso, deveria ser considerado no plano de desenvolvimento urbano e também estar relacionado ao bioma, no qual se encontra o município, bem como com a infraestrutura cinza.

As técnicas utilizadas para a floresta urbana, usam árvores como forma de proteger e direcionar o vento, amortecer a poluição sonora (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002; PAIVA, 2008), luminosidade de canteiros de vias em sentido contrário de trânsito (BIONDI, 2013), reduzir o impacto da chuva (MOURA, 2013; BONZI, 2015; BENINI, 2015; SCARPINELLA e SILVA, 2017) e, da temperatura (FRANCO et al., 2013; DOBBERT, 2015), preservar a fauna silvestre (PIVETTA e SILVA FILHO, 2002; PAIVA, 2008; HERZOG e ROSA, 2010; SILVA FILHOS e TOSETTI, 2010) entre outros.

Assim, verifica-se que o uso das espécies arbóreas nas áreas urbanas colaboram com a conexão das tipologias da infraestrutura urbana, ao mesmo tempo

que contribuem com benefícios ambientais e para a vida do homem.

## Conservação florestal urbana

A colonização e a ocupação do solo brasileiro, acarretou também a quase extinção de inúmeras espécies arbóreas ao longo dos biomas. A fragmentação dessas espécies causa a perda de diversidade genética das espécies, uma vez que aumenta a endogamia e à deriva genética (CASTELLEN, 2000; YAMAMOTO et al., 2007; MORAES, 2012).

Para se ter uma ideia do estado de conservação da biodiversidade brasileira, o Ministério do Meio Ambiente adota, como estratégia central, o uso de Unidades de Conservação (UC). Ao analisar a distribuição dessas UCs nos diversos biomas brasileiros, é possível observar a insuficiência da proteção da biodiversidade nos diferentes biomas, se for considerada as metas estabelecidas pela Convenção da Diversidade Biológica em percentuais dos territórios.

Na Amazônia, que é o bioma terrestre brasileiro mais protegido por Unidades de Conservação, tem-se 77 UCs de Proteção Integral (PI), que cobrem cerca de 9,4% da área do bioma, e 237 UCs de Uso Sustentável (US), que cobrem pouco mais de 16% da área, totalizando 26,1% do bioma, desconsiderando as terras indígenas já demarcadas. Na Mata Atlântica, segundo bioma terrestre mais protegido, temos 331 UCs - PI, em apenas 2,0% da área do bioma, e 679 UCs - US em 6,8% da área, que juntos perfazem 9,3% da área. Apenas 8,3% do bioma do Cerrado estão protegidos por 115 UCs - PI em 2,9% da área e 247 UCs - US em 5,2% da área (MMA, 2016).

Diante desse quadro, estratégias que busquem a conservação de espécies ameaçadas além dos perímetros das áreas protegidas precisam ser consideradas. A conservação *ex situ* vem sendo discutida, apontando o potencial não somente das áreas rurais agrícolas (MCNEELY e SCHERR, 2009), mas também dos espaços urbanos.

A diversidade genética em populações de espécies arbóreas é de suma importância para a adaptação e o crescimento do número de espécie. Considerando áreas antropizadas, como as áreas urbanas, a variabilidade genética torna-se imprescindível, evitando assim, situações de estresse vegetal, infestação de pragas e senescência das espécies.

A utilização de espécies arbóreas nativas tem sido empregada há décadas, tanto nas tipologias da infraestrutura verde, quanto nas áreas florestais urbanas (SANCHOTENE, 1985; SANTOS e TEIXEIRA, 2001; SIQUEIRA, 2001). A presença de árvores nativas na arborização urbana pode ser uma das estratégias para sua conservação, já que é um modo simples, barato e efetivo para espécies nativas que podem ser introduzidas no comércio horticultural (RAVEN, 1976). Contudo, para a

conservação genética das espécies arbóreas, faz-se necessário a manutenção da variabilidade genética existente das populações.

Segundo Canuto (2009), a adaptação e sobrevivência das espécies arbóreas por um longo período, também em áreas urbanas, acontece pela diversidade genética.

Uma das maneiras de determinar a variabilidade genética das espécies arbóreas é pela procedência das sementes e das mudas. A coleta de sementes em áreas restritas aumenta as chances de indivíduos aparentados e, conseqüentemente, poderá acarretar problemas fisiológicas nas plantas (SEBBEN, 2001, 2009; MORAES, 2010, 2012). A procedência das sementes e das mudas, torna-se ainda mais importante quando tem-se o objetivo de utilizar tais indivíduos como futuras matrizes. Algumas diretrizes são traçadas de forma a garantir a conservação genética e possibilitar os programas de melhoramento genético, garantindo melhores condições de adaptação e sobrevivência das espécies futuras (NASS, 2001).

Nunca foi tão mencionada a preocupação com o meio ambiente e a conservação dos recursos naturais, associada à qualidade de vida, permitindo aproximação de distintas visões de mundo das populações. Novos conceitos de planejamento e de desenho urbano surgem, buscando atenuar problemas ambientais. Embora as noções de qualidade ambiental de um lugar, em função da disponibilidade e utilização dos recursos ambientais fossem constatadas milenarmente, não envolviam uma consciência de avaliação ecológica da capacidade de suporte e de carga dos seus ecossistemas (GUIMARÃES e DACANAL, 2006). A tendência do urbanismo contemporâneo é de ampliar os valores ambientais, de modo que o paisagismo supere o valor estético, aliado a ecologia urbana e o planejamento ambiental (FRANCO, 1997).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente levantamento bibliográfico constata que, a antropização das áreas brasileiras, principalmente, pela urbanização, quase provocou a extinção das espécies arbóreas brasileiras.

Projetos paisagísticos contemplando o emprego das espécies arbóreas do bioma local é uma opção muito interessante como estratégia na conservação genética, visto que esta prática também propicia o bem estar da população.

A procedência das sementes e das mudas é fundamental para garantir longevidade das espécies arbóreas e subsidiar programas de conservação e de melhoramento genético.

## REFERÊNCIAS

- ABBUD, Benedito. **Criando paisagens** – guia de trabalho em arquitetura. 3ª ed. São Paulo: Senac, 2016.
- BACHA, C.J.C. **Economia e política agrícola no Brasil**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- BENEDICT, M.A.; MCMAHON, E.T. **Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century**. Disponível em: <<http://www.sactree.org/assets/files/greenprint/toolkit/b/greenInfrastructure.pdf>> Acesso em: maio de 2017.
- BENINI, S.M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: estudo de caso da cidade de Tupã, São Paulo**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.
- BETRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. Esboço Metodológico. Curitiba: Editora UFPR, nº 14, 2004. p. 141-152.
- BIONDI, D. **Paisagismo rodoviário: indicação de espécies**. Curitiba, o autor, 2013.
- BONZI, R.S. **Andar sobre a Água Preta: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- BOUCINHAS, C.; LIMA, C.; GONZATTO, A. **Superando antagonismos entre natureza e cidade: desenho participativo em Taboão da Serra**. Anais do 10º Seminário Nacional sobre APPs Urbanas, FAUUSP, 2007.
- BRASIL, M.M.A. **Lei no 10.683, de 28 de maio de 2008. Brasília, DF, 2008**.
- CANUTO, D. S. de O. **Diversidade Genética em populações de Myracrodruon urundeuva (F.F & M. F. Allemão) utilizando caracteres quantitativos**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2009. p. 112.
- CASTELLEN, M.S. **Uso de marcadores RAPD e isoenzimáticos na qualificação da diversidade genética em populações naturais de Esenbeckia leiocarpa Engl. Piracicaba**, 2000. 76p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DOBBERT, L.Y. **Arborização na cidade de Campinas/SP – Conforto térmico e percepção**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo – “Escola de Agricultura Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2015.
- FERREIRA, Luís Gomes. FURTADO, Júnia Ferreira. **Erário Mineral**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, v. 1 e 2, 2002.
- FILHO, A. L.; PAIVA, H.N. de; GONÇALVES, W. **Planejando Paisagismo**. 2.ed. Viçosa: Aprenda fácil, 2002.
- FIREHOCK, K. **A short history of the term green infrascruture and selected literature**. Disponível em: <<http://www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf>> Acesso em: maio de 2017.
- FRANCO, M. A. R. **Desenho ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo: Annablume, 1997.
- FRANCO, M. de A. R.; OSSE, V.C.; MINKS, V. **Infraestrutura verde para as mudanças climáticas**

no C40. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61918>> Acesso em: jan. 2018.

GUIMARÃES, S.T.L.; DACANAL, C. Arquitetar para viver. Educar para conservar: Faces da qualidade ambiental e da qualidade de vida na conservação do meio ambiente. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v.1, p.1, 2006.

HELLER, A. **O cotidiano e a História**. (1970). Tradução de Carlos Nelson Coutinho e Leandro Konder. 4.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

HERZOG, C.P.; ROSA, L.Z. **Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana**. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61281/64217>> Acesso em: maio de 2017.

HOLANDA, S.B. de. **Raízes do Brasil**. 26. Ed. São Paulo: Companhia da letra, 1995.

LORENZI, H. **Ávores Brasileiras: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Braisl**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum. São Paulo, 2002. 368 p.

MADUREIRA, H. Infra-estrutura verde na paisagem urbana contemporânea: o desafio da conectividade e a oportunidade da multifuncionalidade. In: **Revista da Faculdade de Letras - Geografia**, Universidade do Porto III série, v. I, 2012.p. 33- 43.

MCNEELY, J.A.; SCHERR, S.J. **Ecoagricultura: alimentação do mundo e biodiversidade**. São Paulo: Senac. 2009.

MINAYO, M.C. de S. Ciência, Técnica e Arte: O desafio da pesquisa social. In: **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Suely Ferreira Deslandes, Otavio Cruz Neto, Romeu Gomes, Maria Cecília Minayo (Org.) Petrópolis, RJ: Vozes, 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biomás**. 2016. Disponível em:< <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/plano-de-areas-protegidas/itemlist/category/12-biomas.html?start=28>>. Acesso em: abril de 2020.

MORAES, M. A. de; VALÉRIO FILHO, W. V.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, A. M.; MANOEL, R. de O.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T. de; SEBBEN, A. M. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Myracrodruon Urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 93, v. 40, p. 69-76, 2012.

MORAES, M. L. T.; TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SEBBEN, A. M. Variações Genéticas para caracteres silviculturais e anatômicas da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 499-508, 2010.

MOURA, I.R. de. **Arborização urbana: estudos das praças do bairro centro de Teresina**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de geociências e ciências exatas. Rio Claro, 2010.

MOURA, N.C. de. **Biorretenção tecnologia ambiental urbana para manejo das águas da chuva**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

NASS, L. L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.

PAIVA, P.D.O. **Paisagismo conceitos e aplicações**. Lavras: UFLA, 2008.

PELLEGRINO, P. Pode-se planejar a Paisagem? In: **Paisagem e Ambiente: Ensaios**; São Paulo,

FAUUSP, n° 13, dez 2000. p. 159-180.

PELLEGRINO, P.; CORMIER, N.S. Infra-estrutura Verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. In: **Paisagem e Ambiente: ensaios**; São Paulo, FAUUSP, n° 25, 2008.p.125 - 142.

PIVETTA, K.F.L.; SILVA FILHO, D.F. **Arborização urbana**. Disponível em: < [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/90233/mod\\_resource/content/1/arborizaourbana-unespjaboticabal-111215112201-phpapp01.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/90233/mod_resource/content/1/arborizaourbana-unespjaboticabal-111215112201-phpapp01.pdf)> Acesso em: abril de 2020

PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 2008.

QUEIROGA, E.F. Dimensões públicas do espaço contemporâneo: resistências e transformações de territórios, paisagens e lugares urbanos brasileiros. Tese (Livre docência- Área de Concentração: Paisagem e Ambiente) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

QUEIROZ, T.N. **Paisagismo**. Disponível em: < <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n5-2013/paisagismo/>> Acesso em: jan. 2018.

RAVEN, P. R. Ethics and attitudes. In: SIMMONS, J. B. et al. (Eds). **Conservation of threatened plants**. New York: Plenum Press, 1976. p.155-179.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri, São Paulo: Manole, 2004.

RESENDE, O.M. de. **Arborização Urbana**. Monografia (Graduação) - Universidade Presidente Antônio Carlos – Faculdade de Filosofia e Letras, Barbacena, 2011.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo/razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1997.

SCARPINELLA, G.D.; SILVA, R.S.; OLIVEIRA, S.C. **Aplicação de elementos de infraestrutura verde em uma micro bacia urbana**. Disponível em: <<http://doi.org/10.17012/entac2014.662>>. Acesso em: 04/07/2017.

SEBBENN, A. M.; ETTORI, L.C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em testes de progênies misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.

SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. A. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. Para caracteres quantitativos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 151-163, 2009.

SILVA FILHO, D.F.; TOSETTI, L.L. **Valorização das árvores no parque Ibirapuera – SP**: Importância da infraestrutura verde urbana. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/61275>> Acesso em: jan. 2018.

SILVA, K. V.; SILVA, M. H. **Dicionário de Conceitos Históricos**. 2°ed. São Paulo: Contexto, 2005.

YAMAMOTO, M.A.; SOBIERAJSKI, G. DA R.; SILVA FILHO, D. F. DA.; COUTO, H.T.Z. do. Árvores matrizes de *Tabebuia pentaphyla* (L) Hemsl. (Ipê de El Salvador) e *Caesalpinia pluviosa* DC. (Sibipiruna) em área urbana, selecionadas por meio de índice de importância. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.3, p. 14-31, 2007.

## USO DE GEOTECNOLOGIAS NO MAPEAMENTO DA ARBORIZAÇÃO DO BAIRRO BIVAR OLINTO NA CIDADE DE PATOS – PB

*Data de aceite: 12/05/2020*

*Data da submissão: 09/05/2019*

### **Everton Monteiro da Costa**

Universidade Federal de Campina Grande  
Patos – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/7731968209972806>

### **Marcelo Pereira Dutra Júnior**

Universidade Federal de Campina Grande  
Patos – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/5873935447399338>

### **Denize Monteiro dos Anjos**

Instituto Federal da Paraíba  
João Pessoa – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/7208718869182933>

### **Felipe Silva de Medeiros**

Universidade Federal de Campina Grande  
Patos – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/6472636047212905>

### **Antonio Amador de Sousa**

Universidade Federal de Campina Grande  
Patos – Paraíba  
<http://lattes.cnpq.br/3578986270311473>

**RESUMO:** A cidade de Patos, localizada na depressão sertaneja e inserida no bioma caatinga, floresce sob um clima seco, com baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas,

o que afeta severamente a saúde dos seus habitantes. Nestas condições, a arborização é uma aliada importante do conforto térmico, uma vez que reduz a incidência de raios solares sobre a superfície e proporciona aumento de umidade no ambiente. Para tanto, usaram-se imagens aéreas digitais do bairro Bivar Olinto, obtidas com drone, como amostra representativa de áreas periféricas, para mapear e calcular índices de cobertura vegetal. Usando o programa QGIS, criou-se mapa de calor, que associa espaços verdes ao possível conforto térmico, considerando todo composto arbóreo visualizado nas imagens. Três tipos de superfícies características, classificadas como revestimento asfáltico, calçamento com paralelepípedo e solo descoberto, foram amostrados em pontos representativos de cobertura vegetal densa, cobertura pouco densa e cobertura vegetal inexistente, para medição da temperatura na superfície, tomada em quatro pontos distintos, utilizando termômetro digital infravermelho B-MAX, mira LASER, totalizando 36 medições. Os resultados mostraram baixo índice de cobertura vegetal (ICV), com um percentual de 6,64 %, e que, mesmo que se possa associar certo conforto térmico aos pontos com alto índice de vegetação, onde foram constatados menores

valores de temperatura na superfície, ainda há grande fragilidade arbórea no bairro e descaso dos moradores em relação ao componente vegetativo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto térmico, drone, vegetação, mapeamento

## USE OF GEOTECHNOLOGIES IN THE MAPPING OF THE AFFORESTATION BIVAR OLINTO NEIGHBORHOOD IN THE CITY OF PATOS – PB

**ABSTRACT:** The city of Patos, located in the hinterland depression and inserted in the caatinga biome, blooms under a dry climate, with low relative humidity of the air and high temperatures, which severely affects the health of its inhabitants. Under these conditions, afforestation is an important ally of thermal comfort, as it reduces the incidence of solar rays on the surface and provides increased humidity in the environment. For this purpose, digital aerial images of the neighborhood Bivar Olinto, obtained with a drone, were used as a representative sample of peripheral areas to map and calculate indices of vegetation cover. Using the QGIS program, a heat map was created, which associates green spaces to the possible thermal comfort, considering all the tree compound visualized in the images. Three types of characteristic surfaces, classified as asphalt pavement, cobbled pavement and uncovered soil, were sampled at representative dense vegetation cover, low density cover and nonexistent vegetation cover to measure surface temperature, taken at four different points using B-MAX infrared digital thermometer, LASER scope, totaling 36 measurements. The results showed a low vegetation cover index (ICV), with a percentage of 6.64%, and that, even if thermal comfort can be associated to points with a high vegetation index, where lower surface temperature values were observed, there is still great arboreal fragility in the neighborhood and residents' disregard for the vegetative component.

**KEYWORDS:** Thermal comfort, drone, vegetation, mapping

### 1 | INTRODUÇÃO

A arborização urbana é um assunto bastante discutido em todo o mundo, porém, mesmo diante da evidência de que a temática discutida deve ser levada à prática, verifica-se um avanço muito lento nesta direção, denotando que os seus reais valores ainda não são cultivados. De acordo com Melo e Ronanini (2005), na prática, o que ocorre é um crescimento desordenado da população, gerando demanda por mais áreas para moradias, estradas e outras instalações essenciais para a sociedade, enquanto a arborização urbana foi cada dia se esvaindo pelo efeito antrópico.

As políticas públicas provocam esse avanço e, muitas vezes, são os principais agentes de ocupações de áreas inapropriadas. Para produzir efeito de imediato e de forma relevante para a população, a arborização nas cidades requer, principalmente,



planejamento, que deve ser orientado para a promoção de melhoria significativa do ambiente e prevenção contra acidentes futuros, como queda de árvores, riscos com fiações e outros aspectos gerais abordados que possam trazer riscos ao bem-estar das pessoas (VILLARINHO et. al, 2005).

Um bom planejamento da arborização deve levar em conta os aspectos do contínuo processo de crescimento da população e ocupação dos espaços, fazendo-se necessário o mapeamento dessas áreas, para delimitação e monitoramento de incrementos ou redução das áreas verdes urbanas, tendo ainda em vista os impactos ambientais causados em geral, como processos de erosão, rompimento de bacias, em regra, todo fenômeno que afete a sociedade e seja passivo de monitoramento por satélite.

Uma ferramenta computacional importante para auxiliar nessa tarefa é o QGIS, que opera em ambiente com Sistema de Informações Geográficas (SIG). Trata-se de um software que pode ser obtido de forma gratuita, mas que, por ser um projeto de Código Aberto, sua manutenção depende de contribuições dos usuários, que podem ser tanto em âmbito funcional quanto financeiro. Este software apresenta vasta aplicação operacional, com várias ferramentas que facilitam uma visão detalhada do campo, oferecendo a possibilidade de gerenciar, analisar, compor dados e mapas com boa qualidade (TURCHETTO et al., 2014).

Entendendo que o planejamento arbóreo na cidade deve contemplar grandes espaços verdes e, desta maneira, contribuir para a melhor qualidade de vida e bem-estar da população, procurou-se, neste trabalho, avaliar se a arborização do bairro Bivar Olinto, na cidade de Patos-PB, atende, de maneira significativa, ao quantitativo de área verde necessário em relação à sua população. Para tanto, levantaram-se dados de campo e por meio de imagens aéreas obtidas por drone e, com a utilização do software QGIS, gerou-se um banco de dados que possibilitou o mapeamento e a representação desses dados, o que pode auxiliar no adequado planejamento paisagístico do referido bairro

## 2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no período de julho a dezembro de 2018, no bairro Bivar Olinto, localizado na porção Sudoeste da cidade de Patos– PB (Figura 1). De acordo com a nova divisão regional do Brasil, a cidade de Patos-PB está localizada na região geográfica intermediária e imediata da Paraíba (IBGE, 2010) e sua posição geográfica é definida pelas coordenadas 07° 01' 28"S de latitude e 37° 16' 48" W de longitude, com altitude média de 242m.

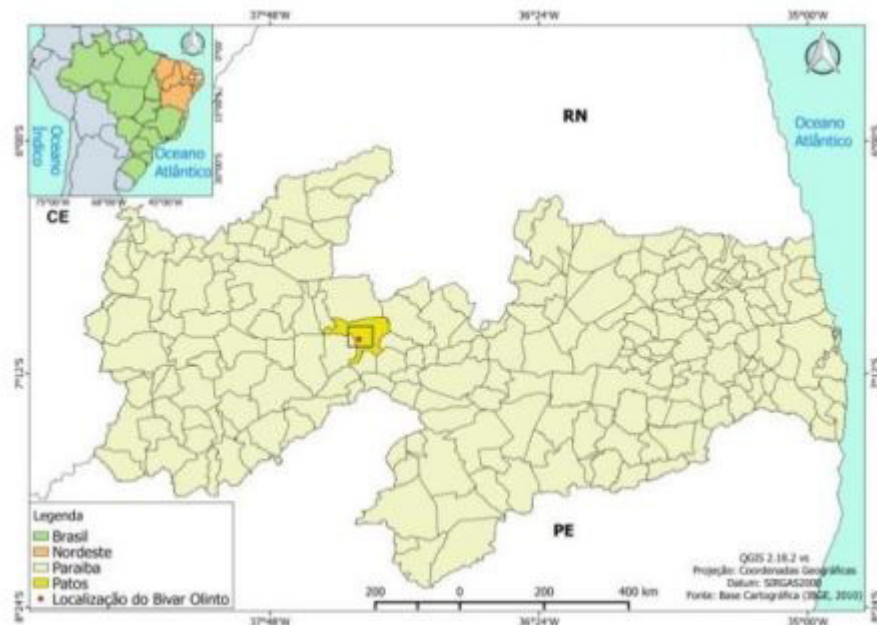


Figura 1 - Mapa de localização do bairro Bivar Olinto na cidade de Patos-PB

A área estudada, identificada na Figura 1, mede aproximadamente 30,54 ha, da qual foram obtidas imagens aéreas a partir de um drone, modelo Phantom3 Advenced, com 12 megapixels de resolução, num sobrevoo à altura de 200 m, cobrindo toda a área no espaço de tempo de 10 minutos. A altura escolhida está relacionada com a autonomia do equipamento, com vistas à utilização de apenas uma bateria durante todo o sobrevoo, sem, contudo, comprometer a qualidade das imagens, que permitiram uma boa diferenciação dos alvos (árvores).

Tendo como base o critério adotado por Nucci (2008), a cobertura vegetal foi definida como “manchas de vegetação”, considerando todo e qualquer composto arbóreo identificado a partir da interpretação visual das imagens aéreas obtidas.

Com o auxílio de SIG, foi elaborado um banco de dados contendo informações sobre a área. Por um processo de vetorização de alvos, toda a vegetação arbórea aparente na imagem foi circundada precisamente e pintada de verde. Com esses espaços pintados no programa foi possível estimar a área verde de cada ponto e, por sua vez, a área verde total do bairro, pela soma das áreas de todos os pontos vetorizados.

Para avaliar a cobertura vegetal da área estudada, utilizaram-se o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Índice de Cobertura Vegetal por Habitante (ICVH). O primeiro, representa a proporção de área coberta com vegetação (copa das 324 árvores), sendo calculado da seguinte fórmula:  $ICV = \frac{\text{superfície total das copas das árvores (m}^2\text{)}}{\text{superfície total da área (m}^2\text{)}} \times 100$ ; o segundo, calculado pela fórmula:  $ICVH = \frac{\text{superfície total das copas das árvores (m}^2\text{)}}{\text{número de habitantes}}$ <sup>1</sup>, representa a área, em m<sup>2</sup>, de cobertura vegetal arbórea por habitante.

Um mapa de calor foi gerado a partir de dados de temperatura próximo à

superfície, num total de 36 pontos, coletados em áreas sistematicamente amostradas, caracterizando as seguintes condições: revestimento asfáltico; calçamento com paralelepípedos e solo descoberto. Em cada uma das áreas amostrais, consideram-se, ainda, três tipos de sombreamento, a saber: 1) muito denso, representando locais com presença de muitas árvores; 2) pouco denso, para locais com poucas árvores e 3) ausente, referente a locais que não possuem sombra proveniente das copas.

Para cada condição assim definida, foram coletados dados de temperatura em 4 pontos, utilizando termômetro digital infravermelho BMAX, mira LASER, com capacidade para registrar temperaturas entre  $-50^{\circ}\text{C}$  à  $380^{\circ}\text{C}$ .

Todos os dados de temperatura foram obtidos no dia 26 de outubro de 2018, entre 12:00 às 14:00 horas, tendo em vista ser este o intervalo do dia em que se registram os maiores índices de insolação na cidade.

Na geração do mapa de calor, foram utilizados dados coletados com GPS de navegação, com precisão de 3 metros, para registro das coordenadas dos pontos que localizam as árvores, os quais foram transferidos para o software, gerando um shapifile de pontos, num total de 912 pontos (árvores) nas áreas amostradas. Algumas árvores, porém, como aquelas que se encontram no interior dos domicílios, foram marcadas diretamente pelo QGIS, a partir da imagem gerada pelo drone, pelo fato de não ser possível a entrada em todos os domicílios, para realizar a coleta.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta a vista aérea de parte da área estudada, com identificação das “manchas de vegetação”, conforme define Nucci (2008), pintadas de verde com o auxílio do programa QGIS.



Figura 2 – Imagem de drone sobre o bairro Bivar Olinto, de outubro de 2018, com “manchas de vegetação” pintadas de verde.

Após vetorização e cálculo de áreas, os resultados mostraram que a área média por espaço pintado na imagem é de 25 m<sup>2</sup>. É oportuno explicar que nem toda mancha de vegetação se trata exclusivamente de uma única espécie ou indivíduo no ponto. Como se trata de uma visualização da parte aérea, a vetorização ocorreu nos espaços verdes contínuos, não se fazendo distinção entre indivíduos. Assim, foi calculada a área total de 809 polígonos (espaços pintados), que, evidentemente, não corresponde ao número de indivíduos.

O espaço total delimitado para a pesquisa corresponde a uma área de 305.441,84 m<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 30,54 ha. Em termos de espaços verdes, a área total foi de 20.268,87 m<sup>2</sup>. De acordo com as formulas utilizadas por Gomes e Queiroz (2011), o Índice de Cobertura Vegetal (*ICV*) é calculado pela razão entre a área total de todos os compostos arbóreos mapeados na área amostrada e a área total delimitada para a pesquisa.

(Equação 1)

$$ICV = \frac{\text{Superfície total das árvores}}{\text{Superfície total da área}} \times 100$$
$$ICV = \frac{20.268,87}{305.441,84} \times 100 = 6,64\%$$

O *ICV* encontrado (6,64%) demonstra a fragilidade arbórea do bairro, pouco abaixo do valor dos 7,75% de cobertura encontrados em estudo feito por Gomes e Queiroz (2011), para a cidade de Birigui-SP, sendo que várias cidades brasileiras apresentam índices próximos destes, não sendo tão superiores.

Estes valores, porém, estão muito aquém daqueles preconizados por pesquisadores como Oke (1973 apud LOMBARDO, 1985) e Sukopp e Werner (1991 apud MOURA, 2010), que se referem a valores de *ICV* em torno de 30% e 33%, respectivamente, como ideais para um local urbano, visando o conforto térmico da população.

Numa análise mais otimista, se este índice não é satisfatório em relação ao valor mínimo desejado, ainda é superior ao nível crítico de 5%, dado que percentuais inferiores a este podem indicar um cenário de desertificação florística, conforme se referem Gomes e Queiroz (2011).

Um dos fatores que podem contribuir para o baixo percentual de cobertura vegetal encontrado pode ser reflexo do comportamento dos próprios moradores que, muitas vezes, utilizam da arborização de maneira errada, realizando podas drásticas e plantio de espécies em locais irregulares.

A partir do conhecimento da área superficial das copas das árvores presentes no local de estudo, pode-se calcular o índice de cobertura vegetal por habitante, que

é dado pela razão entre a área da superfície da vegetação, em metros quadrados, e o número de habitantes do bairro.

(Equação 2)

$$ICVH = \frac{\text{Superfície total das copas das árvores}}{\text{Número de habitantes}}$$
$$ICVH = \frac{20.268,87}{3.890} = 5,21 \text{ m}^2/\text{habitante}$$

Considerando que o número de habitantes foi calculado pelo censo 2010, estima-se que a população tenha aumentado ao longo desse tempo, enquanto a área foi levemente reduzida, para eliminar irregularidades e facilitar o planejamento de voo e, possivelmente, houve compensações.

O ICVH calculado foi de 5,21 m<sup>2</sup> por habitante, aparentemente consoante com índice de cobertura vegetal. Este valor se apresenta bem distante do mínimo proposto pela OMS, que indica 12 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal por habitante.

O resultado demonstra revela a problemática cada vez mais evidente nas zonas urbanas, corroborando com Saydelles (2005), que afirma que a vegetação na cidade está sendo substituída por edificações como estradas e moradias, evidenciando o crescimento populacional e a decadência dos componentes arbóreos. Deste modo, se não houver políticas públicas orientada para um planejamento paisagístico urbano, este índice, após anos, só tende a diminuir, trazendo sérios riscos para a saúde e tornando as cidades cada vez mais próximas de um deserto florístico.

A Figura 3 apresenta o Mapa de Kernel, que relaciona os espaços verdes do bairro com um possível conforto térmico.

Com os pontos verdes coletados a partir das imagens obtidas pelo drone, num total de 912 pontos, cada árvore visualizada na imagem foi marcada para a criação do mapa de Kernel, que se apropria do número de pontos para gerar um mapa de calor, que associa diferentes tonalidades aos diversos níveis de cobertura vegetal. Neste caso, as tonalidades variam do vermelho ao azul, indicando, nesta sequência, a variação do menor para o maior número de árvores, sendo que a tonalidade vermelha representa o valor zero em termos de presença de árvores no espaço, enquanto a azul, indica a presença de quatro árvores por ponto. Na variação da tonalidade laranja encontram-se os valores intermediários de cobertura vegetal.

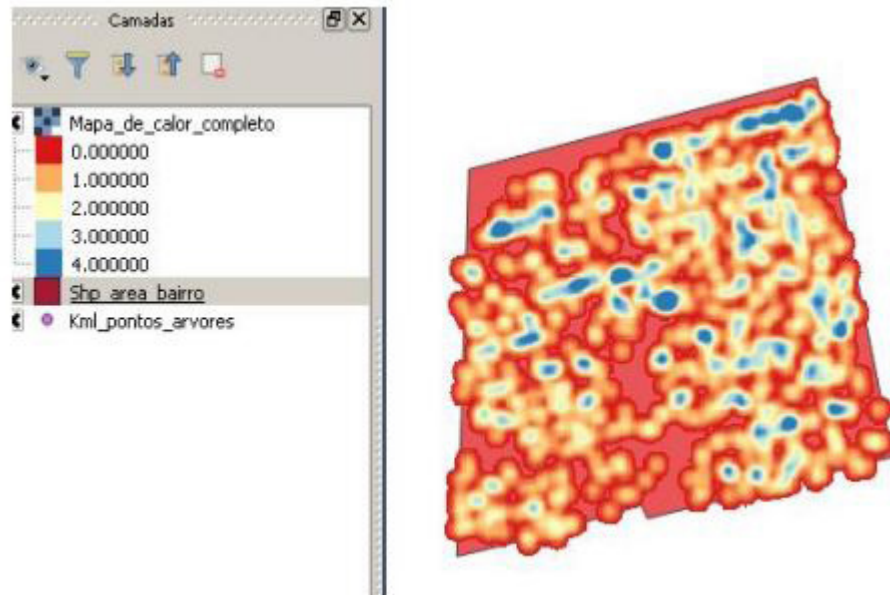


Figura 3 – Mapa de Kernel relacionando os espaços verdes do bairro Bivar Olinto com um possível conforto térmico no mês de outubro de 2018

A arborização é uma aliada importante na diminuição de gastos com a saúde, já que a mesma evita, de maneira considerável, doenças respiratórias. Segundo Scanavaca Júnior (2013, p. 16-17), uma árvore pode capturar até 1,4 Kg de gases maléficos ao organismo humano. Ademais, a arborização também pode ser referida no estudo como meio natural de diminuição de temperaturas, elucidando a maneira com que 1m<sup>3</sup> de copa pode chegar a liberar 0,3 litros de água. Para melhor avaliação desta proporção, é bastante interessante citar que uma árvore com 10 m de altura tem uma média de 120 m<sup>3</sup> de copa, liberando 400 litros de água por dia. Se comparado a aparelhos de ar condicionado, esse valor se torna ainda mais surpreendente, equivalendo a 5 aparelhos em funcionamento, 24 horas por dia.

De acordo com Oliva e Silva Filho (2017), para se diminuir 1°C de temperatura no ambiente, faz-se necessário o acréscimo de 14, 31% do componente arbóreo do local, ou seja, quanto maior o índice de vegetação, menor será a temperatura do ambiente, como pode ser visualizado na Figura 2. Daí, infere-se que o conforto térmico em locais onde existem mais árvores é bem superior àqueles onde não existem árvores nenhuma ou que existam em pequena escala.

Conforme descrito na metodologia, valores de temperatura foram registrados em 36 pontos distribuídos na área de estudo, cujos resultados podem ser explicados segundo faixas de variação de temperatura associadas aos três tipos de cobertura vegetal, para cada tipo de superfície.

Inicialmente, observa-se que o menor valor de temperatura (30,5°C) foi registrado em área de cobertura densa e solo descoberto, enquanto o valor mais elevado (69,7°C) ocorreu em áreas de revestimento asfáltico e cobertura vegetal inexistente. Isto evidencia a necessidade da cobertura vegetal para proporcionar

conforto térmico ou bem-estar da população, de preferência cobertura densa nas vias asfaltadas, principalmente.

De maneira geral, a variação da temperatura foi a seguinte: nos pontos com vegetação densa, de 38,1°C a 39°C nas vias asfaltadas, de 34,7°C a 35,4°C nas ruas calçadas, e de 30,5°C a 31,3°C nos locais de solo descoberto; nas áreas de vegetação pouco densa, de 42,5°C a 43,2°C nas ruas asfaltadas, de 39,8°C a 41°C nas ruas calçadas, e de 35,3°C a 36,8°C nos locais de solo descoberto. Nos pontos onde o componente arbóreo se fez ausente, as temperaturas variaram entre 68°C a 69,7°C nas ruas asfaltadas, evidenciando os maiores valores de temperaturas registradas no bairro, como pode ser observado na (Figura 4).

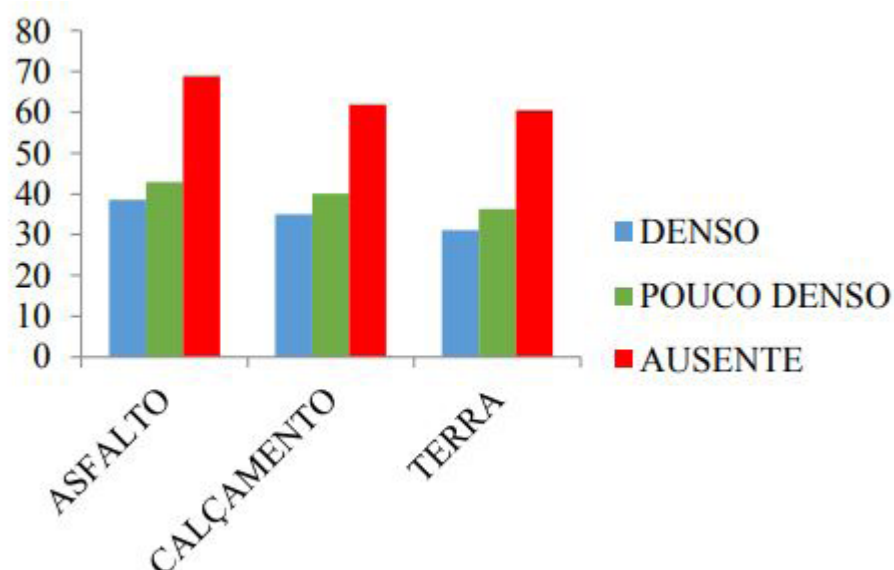


Figura 4 – Média da temperatura em graus celsius de todos os pontos coletados no bairro Bivar Olinto em relação ao sombreamento à superfície do terreno no mês de outubro de 2018

Desta forma, os resultados corroboram com o estudo relatado por Gonçalves (2000), cujos dados avaliados mostraram uma melhora significativa em relação ao conforto térmico, no ambiente que se apropria de uma vegetação mais densa, mostrando, ainda, que o agrupamento de vários indivíduos é mais significativo do que a mesma quantidade de indivíduos dispostos em locais distintos.

Os revestimentos com tonalidades escuras têm a capacidade de absorver uma quantidade maior de calor em relação aos demais revestimentos. Como o termômetro utilizado não mede a temperatura do ambiente, mas a da superfície, isso explica os valores bastante elevados nos locais com ausência de vegetação e revestimento asfáltico da superfície.

Esses valores elevados de temperatura, medidos na superfície, são evidentes causas desconforto térmico, indicando que a arborização no bairro Bivar Olinto, cidade de Patos – PB, é determinante para a qualidade de vida dos seus habitantes.

## 4 | CONCLUSÕES

Considerando o alcance da metodologia e tecnologias utilizadas neste trabalho, a análise dos resultados obtidos permite as seguintes conclusões:

- O bairro Bivar Olinto, na cidade de Patos-PB, apresenta baixa densidade do composto arbóreo, refletindo num índice de cobertura vegetal consideravelmente baixo (6,64%);
- A vegetação está diretamente associada ao conforto térmico, uma vez que ajuda a diminuir a temperatura superficial do terreno;
- O bairro Bivar Olinto carece de políticas públicas que visem incrementar a cobertura vegetal, criando mais espaços arbóreos, e que tenha caráter educativo, com motivação para preservação;
- O uso de drones se apresenta como alternativa importante no mapeamento da arborização urbana representa, por fornecer imagens de alta resolução, boa autonomia, cobertura eficiente e rapidez na tomada das imagens.

## REFERÊNCIAS

GOMES, M. F.; QUEIROZ, D. E. **Avaliação da cobertura vegetal arbórea na cidade de Birigui com emprego de técnicas de geoprocessamento**. Revista Geografar, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 93-117, dez. 2011.

GONÇALVES, W. **Florestas urbanas**. Ação Ambiental, Viçosa, v. 9, p. 17-19, 2000. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Censo Demográfico 2010. Disponível em: Acesso em: Ago. 2017. LOMBARDO, M.A. Ilha de calor nas metrópoles - O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985, 244p.

MELO, E. F. R. Q.; ROMANINI, A. **Importância da praça na arborização urbana**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 9., 2005, Belo Horizonte, Anais. São Luís -MA: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2005. p. 12.

MOURA, A. R. **Qualidade ambiental urbana no bairro de Santa Cecília** (Centro de São Paulo/SP): estudo comparativo e de monitoramento dos anos de 1992 e 2008. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba, Universidade Federal do Paraná.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. 2.ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150 p. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/qualidadeambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2019.

OLIVA, G. T; SILVA FILHO, D. F. **Relação do conforto humano com métricas de cobertura arbórea**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais – Conservação de Ecossistemas Florestais. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz/ USP, Piracicaba – SP.

SAYDELLES, A. P. **Estudo do campo térmico e das ilhas de calor urbano em Santa Maria-RS**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SCANAVACA JÚNIOR, L. **A importância e necessidade de arborização urbana correta**. Revista



TURCHETTO, N. L.; QUEIROZ, R.; PEYROT, C.; PATATT, E. R.; LANGNER, C. H.; OCHOA, L.; EZEQUIEL KOPPE, E. **O uso do Quantum Gis (QGIS) para caracterização e delimitação de área degradada por atividade de mineração de basalto no município de Tenente Portela (RS)**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, RS, v. 18, n. 2, p.710-717, 2014.

VILLARINHO, F. M.; MACEDO, R. L. G.; TOMIAZZI, A. B. **Avaliação da opinião pública sobre a arborização do bairro de Jacarepaguá - Freguesia, Município do Rio de Janeiro, RJ**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 9., 2005, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte-MG, 2005. p. 85-91. VI CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHAR

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 06/03/2020

### **Isleia de Oliveira Silva**

Discente de Engenharia Florestal  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL  
Imperatriz – MA  
<http://lattes.cnpq.br/0977147959202970>

### **Ana Paula Brito de Sousa**

Discente de Engenharia Florestal  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL  
Imperatriz – MA  
<http://lattes.cnpq.br/6676288063022644>

### **Luiza Layana Oliveira Rodrigues Menezes**

Discente de Engenharia Florestal  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL  
Imperatriz – MA  
<http://lattes.cnpq.br/3251589467025465>

### **Rayara Barros Silva**

Discente de Engenharia Florestal  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL  
Imperatriz – MA  
<http://lattes.cnpq.br/0431370493116608>

### **Cristiane Matos da Silva**

MSc. em Engenharia de Barragens e Gestão  
Ambiental  
Professora Auxiliar II do Centro de Ciências  
Agrárias – CCA  
Universidade Estadual da Região Tocantina do  
Maranhão – UEMASUL  
<http://lattes.cnpq.br/1545998658773030>

### **Júnior Hiroyuki Ishihara**

Dr. em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental  
Coordenador Acadêmico do Núcleo de  
Desenvolvimento em Engenharia – NDAE/UFGA  
<http://lattes.cnpq.br/3498874642887006>

**RESUMO:** As bacias hidrográficas são muito importantes no planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois simplificam os estudos através da delimitação da área e contribuem para avaliação e análise de diversos parâmetros hidrológicos. Deste modo, objetivou-se com este estudo analisar as características físicas de uma sub-bacia da região hidrográfica Tocantins-Araguaia e correlacionar com a tendência a picos de enchente. Para tanto, foram calculados os parâmetros: área total (A), perímetro da bacia (P), coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma ( $K_f$ ), índice de circularidade ( $I_c$ ) e ordem dos cursos d'água. Após análise dos dados verificou-se que a área da sub-bacia

corresponde a um percentual de 7,68% da área total da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia e apresenta um grau de ramificação de 5ª ordem, podendo-se concluir que a bacia possui baixa tendência à enchente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Regiões Hidrográficas; Tocantins-Araguaia; Enchentes.

## PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE HYDROGRAPHIC BASIN AS A TOOL FOR PLANNING AND MANAGEMENT OF WATER RESOURCES

**ABSTRACT:** The hydrographic basins are very important in the planning and management of water resources because they simplify the studies by delimiting the area and contribute to the evaluation and analysis of several hydrological parameters. The objective of this study was to analyze the physical characteristics of a sub-basin of the Tocantins-Araguaia hydrographic region and to correlate with the tendency to flood peaks. The parameters were: total area (A), basin perimeter (P), compactness coefficient (Kc), shape factor (Kf), circularity index (Ic) and order of watercourses. After analyzing the data, it was verified that the area of the sub basin corresponds to a percentage of 7.68% of the total area of the Tocantins-Araguaia basin and presents a degree of branching of 5th order, and it can be concluded that the basin has low tendency to flood.

**KEYWORDS:** Hydrographic Regions; Tocantins-Araguaia; Flood.

### 1 | INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser definidas como uma área de captação natural que converge os escoamentos para uma única saída denominada de exutório (ANA, 2018). Sua importância no planejamento e gestão dos recursos hídricos, consiste no fato da bacia hidrográfica permitir a análise dos diversos fatores envolvidos como por exemplo a área da bacia, incidência de picos de enchente, levantamento do número de usuários, percentuais outorgados, possíveis áreas de conflito, entre outros fatores. Santos M. et al. (2016) citam em seu estudo que através da caracterização física de uma bacia é possível prever enchentes, inundações, entre outras catástrofes que podem ser prejudiciais tanto ao homem quanto ao meio ambiente.

O Brasil seguiu uma tendência mundial de adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (CERQUEIRA et al., 2016). Estudos como os de Santos, A. et al. (2016), enfatizam ser a bacia hidrográfica uma das mais adequadas unidades territoriais relacionadas à gestão dos recursos hídricos. Desde a criação da Lei Federal Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, quando se instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos que

as bacias hidrográficas foram definidas como unidade de estudo e gestão (BRASIL, 2018). Desse modo, a delimitação das bacias hidrográficas torna-se de suma importância para a gestão dos recursos hídricos, pois a partir dela o poder público e a sociedade civil podem se organizar e formular as políticas nas áreas dos recursos hídricos (LOPES et al., 2011).

A divisão do território em bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares tem por objetivo orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em todo o país (ANA, 2018a). O Brasil possui 12 regiões hidrográficas em primeiro nível de hierarquização, 83 unidades em segundo nível de hierarquização e 277 unidades hidrográficas em terceiro nível de hierarquização conforme demonstrado na Figura 1 abaixo (ISHIHARA, 2015).

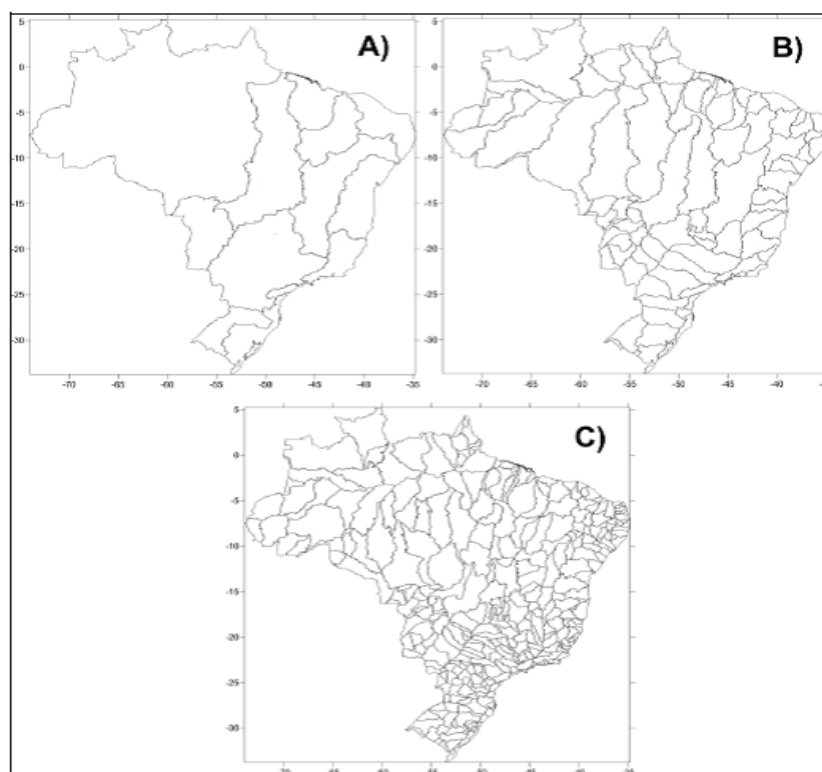


Figura 1: Mapas com diferentes escalas de bacias hidrográficas no Brasil. A) Bacias de 1º nível; B) Bacias de 2º nível; e, C) Bacias de 3º nível.

Fonte: Ishihara (2015).

Das 12 regiões hidrográficas existentes, a bacia do Tocantins-Araguaia destaca-se por ser a maior bacia hidrográfica exclusivamente brasileira, tendo sido descoberta na época das Entradas e Bandeiras quando os exploradores a procura de ouro, encontraram um rio da qual denominaram Rio Tocantins e posteriormente, ao adentrarem as áreas de exploração encontraram um rio maior da qual denominaram Rio Araguaia (ZEINAD, PRADO, 2012). Esta bacia, corresponde à 10,8 % do território brasileiro e abrange seis estados: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato

Grosso e Distrito Federal. Além disso, conta com a presença dos biomas floresta Amazônica (norte e noroeste) e cerrado nas demais áreas (ANA, 2018b).

Diante da importância da bacia como unidade de planejamento e gestão, este estudo objetiva realizar a caracterização física de um trecho da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia identificando os seguintes fatores: área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, ordem dos cursos d'água e relacioná-los com a tendência de enchentes.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A sub-bacia estudada nesta pesquisa possui área de abrangência envolvendo os municípios de São Sebastião do Tocantins (TO) (4.283 hab.), Sampaio (TO) (3.864 hab.), Praia Norte (TO) (7.659 hab.), Imperatriz (MA) (247.505 hab.), Itaguatins (TO) (6.029 hab.), Tocantinópolis (TO) (22.619 hab.), Porto Franco (MA) (23.530 hab.), Estreito (MA) (35.835 hab.), (jusante da Usina hidrelétrica de Estreito - MA) e, Babaçulândia (TO) (10.424 hab.), Filadélfia (TO) (8.505 hab.), Carolina (MA) (23.959 hab.), Barra do Ouro (MA) (4.123 hab.), Palmeirante (TO) (4.954 hab.), Tupiratins (TO) (2.097 hab.), Tupirama (TO) (1.574 hab.) (montante da Usina hidrelétrica de Estreito - MA) (IBGE, 2010). Esta área localiza-se entre as coordenadas geográficas 4°30' e 9°30' de Latitude Sul e 45°30' e 49°30' de Longitude Oeste. E, para sua delimitação, foram utilizados shapes oficiais da Agência Nacional de Águas (ANA).

A caracterização física da bacia foi realizada baseando-se na metodologia proposta por Ferrari et al. (2013) através dos cálculos dos seguintes parâmetros: área total (A), perímetro da bacia (P), coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e ordem dos cursos d'água, conforme metodologia de equações descritas no Quadro 1.

Parâmetro	Abreviação	Unidade	Fórmula
Área Total	A	km <sup>2</sup>	-

Perímetro Total	P	km	-
Fator de Forma	Kf	adimensional	$Kf = \frac{A}{L^2}$
Coefficiente de Compacidade	Kc	adimensional	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$
Índice de Circularidade	lc	adimensional	$lc = \frac{12,57 \times A}{p^2}$
Ordem dos Cursos d'Água	-	adimensional	-

Quadro 1: Descrição das características físicas. Sendo: A= Área da bacia (km²); L = comprimento do eixo da bacia (km); P = Perímetro da bacia (km).

Fonte: Autor (2018).

A forma de uma bacia representa um dos parâmetros importantes a serem avaliados, pois estabelecem uma influência direta na transformação da precipitação em escoamento superficial podendo vir a ocasionar cheias significativas na região de abrangência de uma bacia hidrográfica. Na Tabela 1, são apresentados os parâmetros para interpretação dos dados relativos ao coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf) de uma bacia (MELLO, SILVA, 2013).

Parâmetro	Intervalo	Interpretação
Coeficiente de Compacidade (Kc)	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchente
	1,25 – 1,50	Tendência mediana a enchente
	> 1,50	Menor propensão a enchente
Fator de Forma (Kf)	1,00 – 0,75	Sujeito a enchente
	0,75 – 0,50	Tendência mediana a enchente
	< 0,50	Menor tendência a enchente

Tabela 1: Valores para interpretação dos resultados do Coeficiente de Compacidade (Kc) e Fator de Forma (Kf) de uma bacia hidrográfica em relação à tendência de enchentes.

Fonte: Mello e Silva (2013).

Para auxiliar no cálculo dos parâmetros área total (A), perímetro (P), comprimento do eixo da bacia hidrográfica (L), ordem dos cursos d'água (segundo Strahler), foi utilizado o software da AUTODESK AUTOCAD 2018 - STUDENT VERSION. Após a determinação destes no software AUTOCAD 2018, os resultados foram inseridos em uma planilha eletrônica onde inseriu-se as fórmulas apresentadas

no Quadro 1, realizando -se a tabulação dos resultados para posterior análise dos dados, para correlaciona-los com as tendências de enchente nesta bacia.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo os dados apresentados na Conjuntura dos Recursos Hídricos elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) no ano de 2015, a bacia do Tocantins-Araguaia apresenta uma população total estimada pelo IBGE (2010) de 8.572.716 habitantes. A área da bacia em estudo totaliza 404.960 habitantes o que corresponde a um percentual de 4,7% do total de habitantes da bacia Tocantins-Araguaia.

A caracterização física de uma bacia faz-se importante, pois apresenta dados que podem auxiliar no planejamento e prevenção de eventos hídrológicos significativos para uma determinada região. A tabela 2 apresenta os resultados das características físicas da bacia em estudo.

Parâmetro	Resultado	Unidade
Área	70.615,11	km <sup>2</sup>
Perímetro	1.936,39	km
Fator de Forma	0,34	adimensional
Coefficiente de compacidade	2,04	adimensional
Índice de Circularidade	0,24	adimensional

Tabela 2: Características físicas da bacia hidrográfica.

Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Tabela 2 que a bacia hidrográfica apresenta uma área de 70.615,11 km<sup>2</sup> correspondendo a um percentual de 7,68% da área total da bacia Tocantins-Araguaia, que conta com uma extensão territorial de 920 mil km<sup>2</sup> (ANA, 2018b). Nota-se também que a bacia apresenta baixa tendência a enchente quando se compara os resultados obtidos com os dados apresentados na Tabela 1, pois tanto o coeficiente de compacidade ( $K_c = 2,04$ ) quanto o fator de forma ( $K_f = 0,34$ ) obtidos indicam esta tendência. O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) de uma bacia representa a relação entre perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. Quanto mais próximo da unidade for seu valor maior a tendência a enchentes pois menor será o tempo de contribuição necessária para a água

contribuir na seção de controle. Já o fator de forma ( $K_f$ ) representa a relação entre a área da bacia e sua largura média. Quanto menor for seu valor mais alongada é a bacia e, portanto, menor será a possibilidade de ocorrer enchente devido ao aumento do tempo de contribuição da água até a seção de controle ou deságue.

O índice de circularidade da bacia foi de 0,24 o que indica que a bacia possui uma forma mais alongada, o que indica uma tendência de aumento do tempo de contribuição da água até a seção de controle, diminuindo a tendência a enchentes. Cardoso et al. (2006), relata que o índice de circularidade tende para uma unidade quando a bacia aproxima-se da forma circular e diminui quando a forma se torna alongada.

A bacia apresenta uma boa rede de drenagem com grau de 5ª ordem de acordo com a metodologia de classificação dos cursos d'água de Strahler, conforme pode ser observado na Figura 2 abaixo.

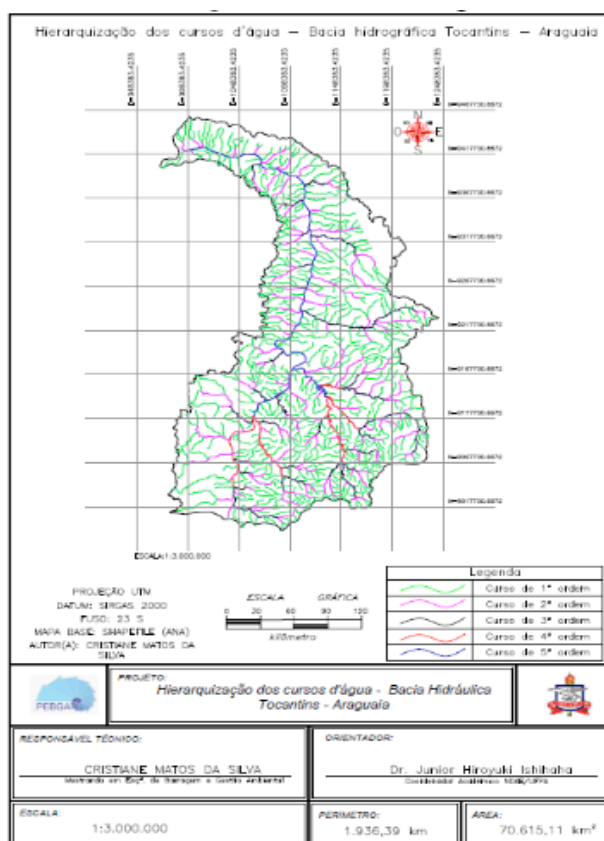


Figura 2: Hierarquização dos cursos d'água – Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia.

Fonte: Autor (2018).

De posse dos resultados obtidos, verifica-se que este auxilia na gestão e no planejamento dos recursos hídricos, pois avalia a possibilidade de ocorrer ou não enchentes na área delimitada pela bacia. Outro fator a ser levado em consideração é o fato de que embora a bacia tenha apresentado uma baixa tendência a enchentes o alto grau de ramificação da mesma pode ser um fator preocupante e deve ser



analisado com bastante cautela, pois quanto mais drenada é uma área, mais rápido a água contribui na seção de controle o que poderia gerar indícios de enchente na bacia hidrográfica.

## 4 | CONCLUSÕES

A sub-bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia possui uma baixa tendência a enchentes em relação aos valores de Kc e Kf.

Deve ser dada atenção especial ao grau de ramificação da bacia, pois dependendo da intensidade e duração de uma chuva pode vir a ocasionar enchente devido ao grau de ramificação significativo.

A caracterização física da bacia hidrográfica é um uma boa ferramenta a ser utilizada na gestão e no planejamento dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ANA. **Planejamento, Manejo e Gestão de Bacias**. Disponível em:< <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/82>>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

ANA. **Divisões Hidrográficas do Brasil**. Disponível em:< <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>>. Acesso em 27 de maio de 2018a.

ANA. **Região Hidrográfica Tocantins–Araguaia**. Disponível em:< <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/tocantins-araguaia>>. Acesso em 29 de maio de 2018b.

BRASIL. **Lei nº. 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9433-8-janeiro-1997-374778-norma-pl.html> >. Acesso em: 25 de maio de 2018.

CARDOSO, Christiany Araujo *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p.241-248, 2006.

CERQUEIRA, L.S.; FADUL, É; VITÓRIA, F.T.; MORAIS, J.L.M. de PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL NO PERÍODO DE 2002 A 2011: Uma análise da sua contribuição para o setor. **Revista Gestão e Planejamento**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 233-251, maio/ago. 2016.

FERRARI, J.L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R.F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.8, n.2, p.181-188, abr-jun. 2013. DOI:10.5039/agraria. v8i2a1575.

IBGE, 2010. **Brasil em Síntese**. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil>>. Acesso em 30 de maio de 2018.

ISHIHARA, J. H. **Conhecimento técnico e a regulação ambiental na Amazônia: A utilização da Bacia hidrografia nos EIA/RIMA das UHE do Rio Madeira e de Belo Monte**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2015.

LOPES, J.R. *et al.* **BACIAS HIDROGRÁFICAS: Subsídios para o planejamento e a gestão**

**territorial.** Núcleo Geoambiental/NUGEO/CCA/UEMA. São Luís – MA, 2011. Disponível em:< <https://sigla.sema.ma.gov.br/sigla/pages/public/bacias/bacias.jsf>>. Acesso em 30 de maio de 2018.

MELLO, Calos Rogério de; SILVA, Antônio Marciano da. **HIDROLOGIA: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES EM SISTEMAS AGRÍCOLAS.** Lavras: UFLA, 2013. 455 p.

SANTOS, A. C. A. dos; SILVA, E. M.; FRANCA, G. C. de; CHINAQUE, F.F.; ARRUDA, E.M. Avanços e desafios na gestão hídrica: O Comitê de Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê (São Paulo, Brasil). **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente.** Vol. 4, Nº. 1, 88-97 (2016) ISSN 2359-6643.

SANTOS, M.A.; CARVALHO, S.M.; ANTONELI, V. Suscetibilidade a enchentes a partir da análise de variáveis morfométricas, na bacia hidrográfica rio bonito em Irati-PR – Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 5, Nº 5, p.151 – 167, 2016.

ZEINAD, A.K.; PRADO, R.de. **Peixes fluviais do Brasil – Espécies esportivas.** Editora: Pescaventura. 2012. 360p.; il. ISBN: 978-85-66363-00-5.

## ANÁLISE OPERACIONAL DO *FORWARDER* NO BALDEIO DE TORAS DE *PINUS TAEDA* L. EM OPERAÇÃO DE PRIMEIRO DESBASTE MISTO

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 04/03/2020

### **Daiane Alves de Vargas**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2684729789069229>

### **Franciny Lieny Souza**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2966541361544341>

### **Jean Alberto Sampietro**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2015018876517184>

### **Helen Michels Dacoregio**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2137258836984842>

### **Marcelo Bonazza**

Universidade Federal de Santa Catarina

Curitibanos – SC

<http://lattes.cnpq.br/5029572794045838>

### **Luís Henrique Ferrari**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/6576194945496667>

### **Vinicius Schappo Hillesheim**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2395851810850694>

### **Erasmu Luis Tonett**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/2318932928166592>

### **Natali de Oliveira Pitz**

Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages – SC

<http://lattes.cnpq.br/9031275521422461>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar operacionalmente o *forwarder* em operação de primeiro desbaste em povoamentos de *Pinus taeda* L. Para tal, realizou-se a análise operacional do equipamento, por meio do estudo de tempos e movimentos. Posteriormente, determinaram-se a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade efetiva do equipamento, considerando diferentes sortimentos, distâncias de extração e classes de declividade. Os resultados demonstraram que manobra e carregamento foram às etapas do ciclo operacional com maior consumo de tempo (34%). A disponibilidade mecânica se mostrou

elevada (97,75%), entretanto, a eficiência operacional foi de 63,20%, devido ao alto percentual de interrupções observado (37%), o que resultou em uma produtividade efetiva média de 20,89 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>. Em termos gerais, os diferentes sortimentos e classes de declividade do terreno influenciaram significativamente a produtividade efetiva, ao passo que, o fator distância média de extração não exerceu influência significativa sobre a mesma.

**PALAVRAS-CHAVE:** estudo do trabalho, colheita florestal, técnicas e operações florestais, produtividade efetiva.

## OPERATIONAL ANALYSIS OF THE FORWARDER IN WOOD EXTRACTION OF PINUS TAEDA L. IN FIRST MIXED THINNING OPERATION

**ABSTRACT:** The objective was to operationally evaluate the forwarder in first thinning operation in *Pinus taeda* L. stands. For this purpose, an operational analysis of the equipment was carried out, through time and motion study. Subsequently, the mechanical availability, operational efficiency and productivity of the equipment were determined, considering different assortments, extraction distances and slope classes. The results showed that maneuver and loading were the most time consuming steps of the operational cycle (34%). Mechanical availability was high (97.75%), however, operational efficiency was 63.20%, due to the high percentage of interruptions observed (37%), which resulted in an average effective productivity of 20.89 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>. In general terms, the different assortments and classes of slope of the land significantly influenced the effective productivity, whereas the factor of average extraction distance did not have a significant influence on it.

**KEYWORDS:** work study, timber harvesting, forestry techniques and operations, effective productivity.

### 1 | INTRODUÇÃO

Dentre as etapas da produção florestal, a colheita de madeira pode ser considerada a mais importante do ponto de vista econômico, devido sua elevada participação no custo final do produto e, conseqüentemente, dos riscos de perdas envolvidos, sendo responsável por mais de 50% do custo final da madeira posta na indústria. Em função dessa onerosidade, justifica-se a análise dos fatores técnicos, econômicos, ambientais, ergonômicos e sociais que interferem na forma de execução das operações (MACHADO et al., 2008).

Nas operações de colheita, a extração florestal pode ser considerada a etapa mais complexa, sendo influenciada por diversos fatores, como o nível de experiência e habilidade do operador, condições do povoamento, distância de extração, características das máquinas, entre outros. Dessa forma, a desconsideração desses

fatores poderá resultar em problemas operacionais e ineficiência, acarretando em elevados custos de produção (CONWAY, 1976).

Além dessas variáveis, Malinovski et al. (2006) reportam que a produtividade do *forwarder* também é influenciada pelo sortimento da madeira, uma vez que quanto maior o número de sortimentos a serem trabalhados, maior será a necessidade de ordenamento das toras no estaleiro, de possíveis viagens da máquina, bem como à não ocupação total da sua área útil de carga da garra, conforme as dimensões dos sortimentos.

Dessa forma, a análise operacional dos equipamentos, considerando fatores externos, os quais exercem influência sobre a produtividade dos sistemas de colheita, torna-se fundamental na busca de melhorias e da otimização dos recursos alocados. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar operacionalmente o *forwarder* na realização da extração da madeira de povoamentos de *Pinus taeda* L. em operação de primeiro desbaste, e, verificar o desempenho da máquina em função de diferentes sortimentos, distâncias de extração e classes de declividade do terreno.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Aurora, Santa Catarina, em povoamentos de *Pinus taeda* L. com onze anos de idade, os quais foram plantados em espaçamento 2,5 x 2,5 m. As áreas apresentavam relevo plano a ondulado. No momento do estudo, as árvores apresentavam diâmetro à altura do peito médio de 22,53 cm, altura média de 17,84 m e volume médio individual de 0,2229 m<sup>3</sup>.ind<sup>-1</sup>.

Realizou-se nos povoamentos desbaste misto (seletivo e sistemático), na qual foram cortadas sistematicamente as árvores da quinta linha de plantio e seletivamente árvores que apresentavam baixa sanidade, tortuosidade ou bifurcação. O sistema de colheita utilizado foi o de toras curtas (*cut-to-length*).

O equipamento avaliado foi um *forwarder* de pneus com semiesteiras traseiras, marca *Caterpillar*, modelo 584, com potência do motor de 274 hp e capacidade do compartimento de carga de 18.000 kg. A grua do equipamento apresentava alcance horizontal máximo de 7,80 m, área de abertura de 0,36 m<sup>2</sup>, torque de elevação de 151 kN.m e torque de giro de 41 kN.m. A operação do *forwarder* consistia na realização do baldeio de toras do interior do talhão até a margem da estrada.

A análise operacional foi realizada por meio de estudo de tempos e movimentos, sendo os dados coletados utilizando o método de cronometragem de tempo individual, com uso de um cronômetro digital centesimal e formulários específicos. Para o estudo, a operação foi subdividida em fases do ciclo operacional: deslocamento vazio (DV), manobra e carregamento de toras (MC), deslocamento carregado (DC), manobra e descarregamento de toras (MD) e interrupções. O número de ciclos

amostrados seguiu a metodologia proposta por Barnes (1977), para um erro de amostragem máximo de 10% ao nível de 5% de significância.

Posteriormente, determinaram-se a disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade efetiva do equipamento, considerando ainda, diferentes sortimentos (Tabela 2), classes de distância de extração (até 125 m, entre 125 e 250 m e acima de 250 m) e classes de declividade (até 10° e acima de 10°).

Sortimento	Comprimento (m)	Diâmetro da ponta fina (cm)	Volume médio (m <sup>3</sup> )	Destinação e uso final
1	2,40	$8 \leq d < 18$	0,0394	Celulose
2	2,20	$d \geq 18$	0,1235	Serraria
3	2,40 e 2,20	$d > 8$	0,0814	Celulose e serraria

Tabela 2. Características dos sortimentos de toras avaliados no estudo.

Para a análise estatística dos dados, o delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, tendo como fatores: sortimento, distância de extração e declividade. A análise de variância foi realizada para os valores de tempos dos elementos do ciclo operacional efetivo (DV, MC, DC, MD e TT) e para a produtividade efetiva, considerando as possíveis interações entre os fatores. Posteriormente, procedeu-se com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O elemento do ciclo operacional que mais despendeu tempo na operação foram as interrupções (37 %), seguido de manobra e carregamento (34%), manobra e descarregamento (18%), deslocamento carregado (7%) e deslocamento vazio (4%) (Figura 1A). As paradas operacionais tiveram participação de 62% no tempo total em interrupções (Figura 1B), principalmente devido à necessidade de carregamento dos veículos de transporte, cuja operação era realizada com frequência, visando auxiliar a demanda de carregamento para evitar a formação de filas desses veículos nas áreas. Já as paradas não-operacionais (32%) foram ocasionadas principalmente devido à espera de madeira processada pelo *harvester*.

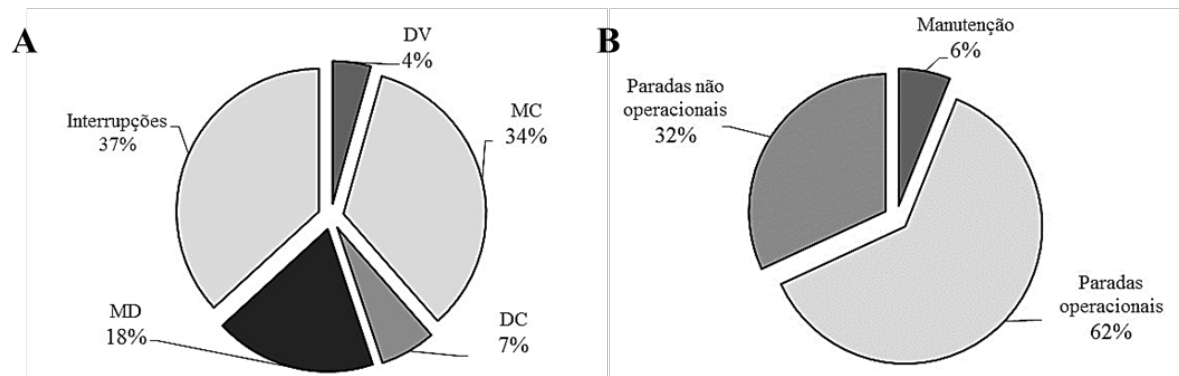


Figura 1. Distribuição percentual do ciclo operacional (A) e das interrupções (B) do *forwarder* em operações de primeiro desbaste de *Pinus taeda* L.

A disponibilidade mecânica do *forwarder* foi de 97,75%, entretanto, a eficiência operacional do mesmo foi de 63,2%, a qual é considerada baixa por Machado et al. (2008), tendo como principal causa, o elevado percentual de interrupções observado. Em decorrência da baixa eficiência operacional, a produtividade efetiva média da máquina foi de aproximadamente 20,89 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>.

Os resultados da análise de variância demonstraram não haver interação entre os fatores analisados ( $p > 0,05$ ). Considerando-se isoladamente cada fator, observou-se que os sortimentos ( $p < 0,05$ ) e as classes de declividade ( $p < 0,05$ ) influenciaram significativamente o elemento MC. A declividade também mostrou influência significativa na MD ( $p < 0,01$ ), ao passo que, a distância de extração influenciou o elemento DC ( $p < 0,01$ ). A produtividade efetiva média variou em função do sortimento ( $p < 0,01$ ) e da declividade ( $p < 0,05$ ). Percebe-se, dessa forma, que a produtividade do equipamento não foi influenciada pela distância de extração, fato que pode ser atribuído às características operacionais do equipamento, o qual passa pequena parte do seu ciclo operacional em atividades de deslocamento (Figura 1A).

O elemento MC foi o que despendeu maior tempo na operação (Figura 2). Resultados semelhantes são relatados por Diniz e Lopes (2014) que também realizaram o estudo em operações de primeiro desbaste de pinus. Segundo os autores, este resultado pode ser explicado pelo baixo volume de madeira produzida em primeiro desbaste, cujas pilhas de toras são normalmente de baixo volume, com maior distribuição e distantes entre si ao longo da trilha de extração, o que demanda um maior deslocamento da máquina entre as pilhas para completar a carga.

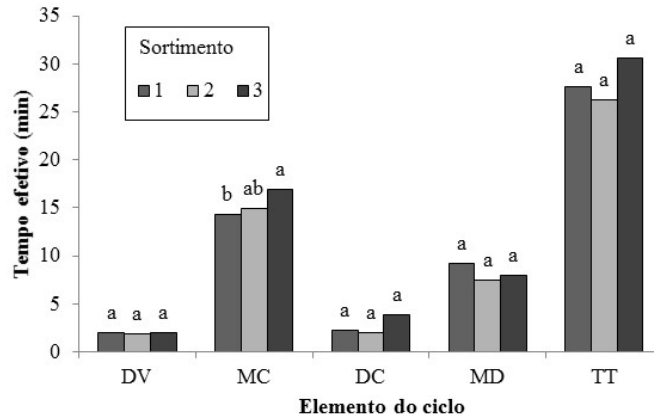


Figura 2. Tempo efetivo médio gasto em cada elemento do ciclo operacional efetivo do *forwarder* em função dos diferentes sortimentos. Em que: médias seguidas de mesma letra em cada elemento não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que os sortimentos influenciaram no elemento MC, inferindo em tendência de maior consumo de tempo em função do aumento do volume das toras (Figura 2). Tal fato é explicado, devido a menor proporção de toras dos maiores sortimentos (serraria) ser menor em comparação a toras de menor dimensão (celulose), o que decorreu em maior necessidade de manobras entre as pilhas para se efetuar o carregamento e completar a caixa de carga da máquina.

Em contrapartida, notam-se maiores produtividades efetivas para os sortimentos que possuem maiores volumes de tora. No baldeio do sortimento 2, a produtividade efetiva média foi de 27,72 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>, valor que não diferiu significativamente do sortimento 3 (21,69 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>), sendo que ambos, apresentaram diferenças estatísticas em relação ao sortimento 1 (14,26 m<sup>3</sup>.he<sup>-1</sup>) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Esse comportamento pode ser observado nas Figuras 3A e 3B, que demonstram ainda que a produtividade tendeu a diminuir com o aumento da distância de extração e declividade do terreno, resultados esses, que corroboram aos encontrados por Simões e Fenner (2010).

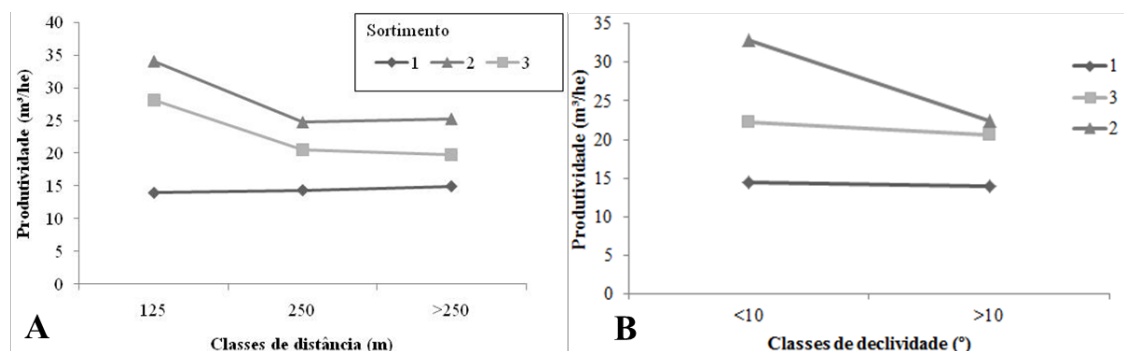


Figura 3. Produtividade efetiva média do *forwarder* em função de diferentes classes de distância (A) e declividade (B). Em que: sortimento 1 (1); sortimento 2 (2) e sortimento 3 (3).



## 4 | CONCLUSÕES

Com base no presente trabalho é possível concluir que:

- As interrupções tiveram grande percentual no ciclo operacional do *forwarder*, o que sugere a necessidade de melhorias no planejamento das operações.
- O elemento que consumiu mais tempo no ciclo operacional do equipamento foi manobra e carregamento (MC).
- Embora a disponibilidade mecânica tenha sido alta, a eficiência operacional observada foi baixa, o que contribuiu para a diminuição da produtividade efetiva do *forwarder*.
- A produtividade efetiva média do equipamento se mostrou influenciada principalmente pelos diferentes sortimentos e classes de declividade do terreno. Portanto, tais fatores devem ser considerados em estudos que visem dar subsídio ao planejamento de operações de extração de madeira em situações de primeiro desbaste.

## REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. Estudos de movimentos e de tempos - projeto e medida do trabalho. Tradução da 6ª ed. Americana. São Paulo, 1977.

CONWAY, S. **Logging practices: principles of timber harvesting systems**. São Francisco: Miller Freeman, 1976. 416p.

DINIZ, C.C.; LOPES, E. S. **Extração de madeira de diferentes sortimentos com o trator florestal forwarder sob regime de desbaste**, Campinas, SP, 2014. In: XVII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO DE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL. Anais... Campinas, SP, 2014.

MACHADO, C.C.; SILVA, E.N.; PEREIRA, R.S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 15-42.

MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, R.A.; MALINOVSKI, J.R.; YAMAJI, F.M. **Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal**. Floresta, Curitiba, v.36, n.2, p.169-182, 2006.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T. **Avaliação técnica e econômica do forwarder na extração de madeira em povoamentos de eucalipto de primeiro corte**. Floresta, v.40, n.4, p. 711-720, 2010.

## EFEITO DO PREPARO DO SOLO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS SP.*

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 06/03/2020

### **Maurício Leodino de Barros**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/1570097005106050>

### **Thaís Souza Marques**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/0252388648092702>

### **Victor Augusto Lopes Maranhão**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/7641243402914616>

### **Mayara Suellem dos Santos Marinho**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/9460957058933907>

### **Renata Guilherme Cândido da Silva**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/1201287928571230>

### **Andreza Rafaella Carneiro da Silva dos Santos**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/0729507163318419>

### **Vânia Aparecida de Sá**

Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias  
Rio Largo - Alagoas  
<http://lattes.cnpq.br/5807408661337266>

**RESUMO:** O gênero *Eucalyptus* é o mais plantado no Brasil para atender a demanda por produtos florestais de diversos setores. Devido ao interesse, é necessário conhecer quais propriedades podem afetar a qualidade da madeira. O tipo de preparo do solo e local de plantio são fatores que podem influenciar nas características de crescimento e tecnológicas desta matéria-prima. Diante disso, objetivou-se avaliar a influência de dois tipos de preparo do solo, o motocoveamento e a subsolagem, nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus sp.* implantados em áreas de relevo acidentado em Alagoas. Foram coletadas 6 árvores de um clone comercial, aos 4 anos de idade, e retirados discos nas posições correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do

fuste. A determinação da umidade, base massa seca, foi feita pelo método descrito na norma ASTM D 4442-92. A densidade básica foi obtida pelo método hidrostático de acordo com os procedimentos descritos na norma NBR 11941. Os dados foram submetidos à análise de variância e a avaliação do padrão de variação da densidade básica no sentido longitudinal foi feita aplicando-se o ajuste de modelo de regressão. O teor de umidade médio e a densidade básica das madeiras não apresentaram variações significativas para o motocoveamento e subsolagem, respectivamente. Para explicar o padrão de variação longitudinal da densidade básica dos *Eucalyptus* sp. foi obtido uma equação polinomial de quarta potência no ajuste do modelo de regressão. **PALAVRAS-CHAVE:** Densidade básica, Umidade da madeira, Qualidade da madeira.

## EFFECT OF SOIL PREPARATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF *EUCALYPTUS SP.* WOOD

**ABSTRACT:** The *Eucalyptus* genus is the most planted in Brazil to meet the demand for forest products from various sectors. Due to the interest, it is necessary to know which properties can affect the quality of the wood. The type of soil preparation and planting site are factors that can influence the growth and technological characteristics of this raw material. The objective of this study was to evaluate the influence of two types of soil preparation, semimechanized hollow and subsoiling, on the physical properties of *Eucalyptus* sp. deployed in rugged relief areas in Alagoas. Six trees were collected from a commercial clone at 4 years of age, and discs were collected at the positions corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height of the stem. The determination of moisture, dry mass basis, was done by the method described in ASTM D 4442-92. The basic density was obtained by the hydrostatic method according to the procedures described in standard NBR 11941. Data were submitted to analysis of variance and the evaluation of the basic density variation pattern in the longitudinal direction was done by applying the model adjustment of regression. The average moisture content and the basic density of the wood did not show significant variations for the semimechanized hollow and subsoil, respectively. To explain the longitudinal variation pattern of the basic density of *Eucalyptus* sp. a fourth power polynomial equation was obtained in the adjustment of the regression model.

**KEYWORDS:** Basic density, wood moisture, wood quality.

## 1 | INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* vem sendo amplamente utilizado no Brasil em muitos setores florestais por apresentar alta produtividade e rápido crescimento. Sua madeira possui diversas aplicações, tornando-se de grande importância econômica para o país. Devido ao amplo interesse pela madeira de eucalipto, existe a necessidade de

conhecer quais propriedades podem afetar a sua qualidade.

Diante dos fatores que possam alterar essas características, podemos ressaltar o plantio em áreas de encosta. Para Monteiro et al. (2010), árvores plantadas em encostas e sujeitas a ação do vento tendem a formar um lenho diferenciado, denominado lenho de reação, conhecido, nas folhosas, como lenho de tração.

Gatto et al. (2003), afirmam que o preparo do solo visa facilitar a absorção de água e nutrientes, auxiliando o crescimento do sistema radicular e estabelecimento das mudas. Logo, esse tem como objetivo descompactar o solo para diminuir a resistência e facilitar a expansão das raízes da planta. As principais técnicas de preparo do solo atualmente correspondem ao cultivo mínimo e preparo convencional, onde, atualmente, o mais utilizado é o que preza por menor revolvimento do solo. O uso de processos mecanizados, como a gradagem e subsolagem, é mais comum e vantajoso por ter um maior volume de solo descompactado, diminuição de custos e aumento do rendimento, outrora, em solos com relevo inclinado é comum aplicar o processo de coveamento, sendo este manual ou semi-mecanizado, para o plantio florestal.

O coveamento é uma técnica de cultivo mínimo, com utilização de uma máquina para abrir somente a cova na qual a muda deve ser inserida, sem mobilizar o restante do solo. O semi-mecanizado, chamado motocoveamento, é preferencial para áreas de encosta, com restrição à mecanização, entretanto, o tempo de plantio é maior, sendo necessário maior mão de obra para realizar o trabalho, gerando um aumento dos custos de implantação.

Gatto et al (2003) concluíram que os métodos de preparo do solo interferem as características físicas e químicas do solo, refletindo nas características dendrométricas e produção de biomassa. O mesmo autor afirma que o preparo por subsolagem condicionou uma maior produtividade das árvores. Ademais, a escolha do tipo de preparo deve ser feita considerando diversos fatores, como a situação do terreno, sua drenagem, condições edafoclimáticas, entre outros.

Desta forma, a qualidade da madeira pode estar exposta às modificações por diversos fatores. As principais propriedades físicas da madeira são a densidade básica e a umidade. Estas estão diretamente relacionadas às outras propriedades da madeira. A densidade básica é uma das propriedades físicas mais importantes na caracterização tecnológica da madeira, pela facilidade de ser determinada e por se correlacionar diretamente com as propriedades físicas e mecânicas da madeira e com a composição celular (BATISTA et al., 2010). Os elevados gradientes de umidade da madeira constituem-se em uma das causas de defeitos de secagem, notadamente os caracterizados por empenamentos e fendilamentos (OLIVEIRA, HELLMEISTER, TOMAZELLO FILHO, 2005). O teor de umidade no tronco, assim como a densidade básica, está relacionado ao desempenho e utilização da madeira,

dessa forma, essas duas propriedades podem nortear o uso de matéria-prima.

Assim, objetivou-se avaliar a influência de dois tipos de preparo do solo, o motocoveamento e a subsolagem, nas propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus* sp. implantados em áreas de relevo acidentado em Alagoas.

## 2 | METODOLOGIA

Para as análises deste estudo foram coletadas madeiras de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de mesma procedência genética, aos idade de 4 anos de idade, provenientes de povoamentos implantados por empresa do setor florestal no município de Maceió, AL.

Foram estudados os plantios sob dois tipos de preparo do solo, a subsolagem e o motocoveamento. Foram lançadas parcelas de 15 x 15 m (225 m<sup>2</sup>) em talhões com espaçamento de 3,0 m x 2,5 m, em seguida realizou-se a mensuração dos diâmetros à 1,30 m do solo (DAP) (no sentido declive da encosta – aclave da encosta) das 30 árvores contidas dentro desta área amostral. Após a obtenção das medidas dos DAPs, calculou-se o valor médio do local amostrado (árvore média). Após marcação das árvores médias, foram coletadas três árvores para cada tipo de preparo do solo, totalizando seis indivíduos. De cada árvore colhida, foram mensuradas suas alturas (altura total e altura comercial) e retirados discos de 5 cm a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial do fuste, considerando o diâmetro mínimo de 4 cm.

A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos para altura total, altura comercial e DAP das árvores coletadas por tipo de preparo do solo.

Preparo do solo	Altura total (m)	Altura comercial (m)	DAP (cm)
Subsolagem	21,57	19,07	12,74
Motocoveamento	20,38	17,95	13,2

Tabela 1. Valores médios da altura total, altura comercial e DAP para os dois tipos de tratamento do solo.

### Preparo do material

Os discos foram subdivididos em quatro cunhas, conforme demonstrado na Figura 1. Duas seções opostas foram designadas para a obtenção da densidade básica e as outras para determinação de umidade



Figura 1 - Divisão dos discos em quatro seções para estudo de umidade e densidade básica.  
Fonte: Elaborada pelo autor

### Determinação da Umidade

O teor de umidade das madeiras foi obtido logo após a coleta. Os discos foram reduzidos em cunhas opostas com auxílio de um facão. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g e secas em estufa de circulação de ar forçada, até atingirem massa constante. Para determinar a umidade (base massa seca) seguiram-se os procedimentos descritos na norma ASTM D 4442-92 (ASTM, 2013).

### Determinação da Densidade Básica (DB)

A densidade básica foi obtida pelo método hidrostático, descrito na norma NBR 11941, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2003), onde as amostras saturadas foram imersas em um Becker com água, pesado em uma balança semi-analítica, com 0,01 g de precisão. As análises das madeiras foram realizadas no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas.

### Análise dos dados

Para avaliar a influência do tipo de preparo do solo sobre as propriedades físicas, os valores médios foram submetidos ao teste de variância ( $P \leq 0,05$ ). Para a avaliação do padrão de variação da densidade básica no sentido longitudinal (base/topo) das árvores foi feito o ajuste de modelo da regressão. A avaliação do modelo ajustado foi de acordo com a significância da regressão testada pelo teste “F” a 5% de significância.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Teor de umidade da madeira

Os valores médios de umidade por tipo de preparo de solo estão apresentados na Figura 2.

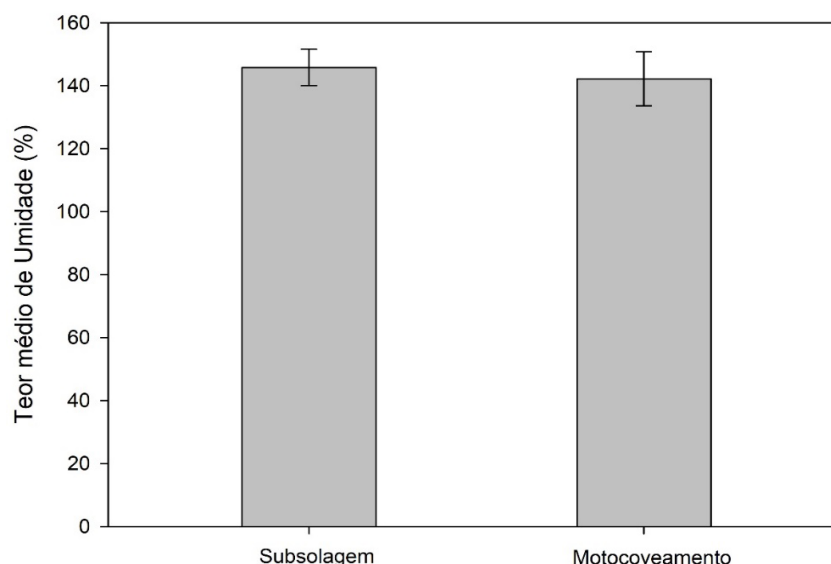


Figura 2 – Valores médios do teor de umidade da madeira de *Eucalyptus* sp. por tipo de preparo do solo

Houve um grande percentual de umidade em ambos os tratamentos e a capacidade de retenção de água não variou entre os tipos de preparo do solo, logo tiveram resultados próximos, no entanto não houve um teste estatístico para confirmação.

Oliveira, Hellmeister e Filho (2005) afirmam que madeiras com maior densidade possuem menor volume de vazios internos e menor espaço para preenchimento com água livre. Sendo assim, esses dois fatores se relacionam negativamente.

De acordo com estes autores, o teor de umidade do *E. grandis*, aos 16 anos, apresentou maiores variações, de até 102,3%. Em comparação, os dados desse estudo apresentaram valores superiores. Ainda assim, os altos valores de umidade podem ser influenciados por estarmos trabalhando com uma madeira juvenil, de apenas 4 anos.

#### Densidade Básica (DB) da madeira

Na Figura 3 podemos observar os valores médios da densidade básica das madeiras de *Eucalyptus* sp. por tipo de preparo do solo.

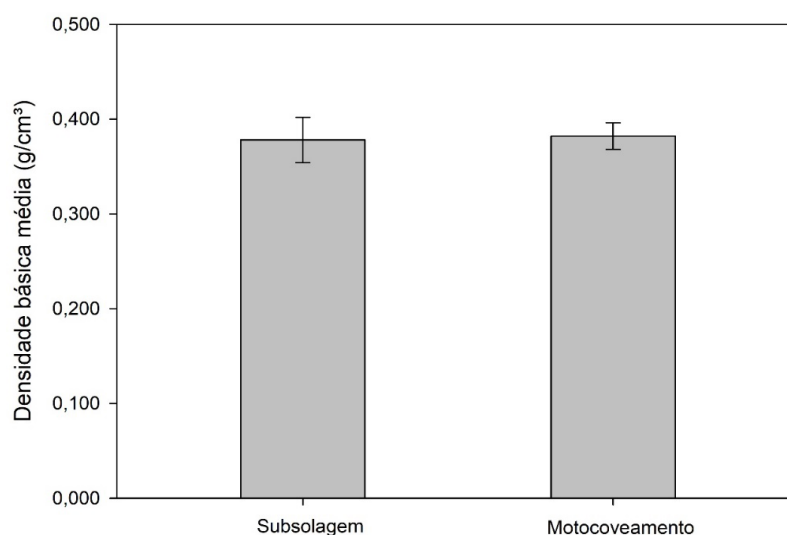


Figura 3 – Gráfico de valores médios da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* sp. por tipo de preparo do solo.

Para densidade básica não foi encontrado diferença significativa para os tipos de preparo do solo pela análise de variância a 5% de significância. Os valores médios foram de 0,378 e 0,382, respectivamente para os tratamentos de subsolação e motocoveamento. Estes valores indicam uma densidade básica baixa para estas madeiras.

Trabalhos como o de Ferreira e Kageyama (1978) apresentaram valores de 0,430 g/cm<sup>3</sup> a 0,500 g/cm<sup>3</sup> como o ideal para algumas espécies de eucalipto aos 5 a 7 anos de idade. São médias ideais para o uso da madeira para fabricação de papel e celulose. Fábricas de painéis de madeira procuram trabalhar com densidades básicas entre 0,420 a 0,480 g/cm<sup>3</sup> (SOUZA et al., 2012). Nota-se que os valores obtidos foram inferiores aos citados, porém, na literatura pode-se encontrar que a densidade básica geralmente é maior com o aumento da idade, como no estudo de Meneses et al. (2015). Logo, o fator idade pode ter sido de grande influência na determinação da densidade básica, visto que as madeiras deste estudo são de povoamentos jovens, de apenas 4 anos. Ainda assim, os dois tipos de preparo do solo apresentaram variações próximas aos valores ideais.

Para o padrão de variação longitudinal da densidade básica foram encontrados coeficientes de determinação ( $R^2$ ) de 0,25 e 0,08, respectivamente, para motocoveamento e subsolação. Estes valores demonstram baixo ajuste para o modelo de regressão linear simples entre as variáveis posição longitudinal e densidade da madeira, para os dois tipos de preparo do solo.

A análise de variância da regressão apresentou valores de F para motocoveamento e subsolação de 1,02 e 0,25, respectivamente, sendo estes não significativos para a distribuição F de Fisher a um nível de 5% de probabilidade de



erro. Portanto, o modelo genérico de regressão linear simples ( $Y = a + bX + \text{erro}$ ) não representa o comportamento dos dados.

A Figura 4 apresenta a densidade básica da madeira dos dois tratamentos (motocoveamento e subsolagem) em função da posição longitudinal.

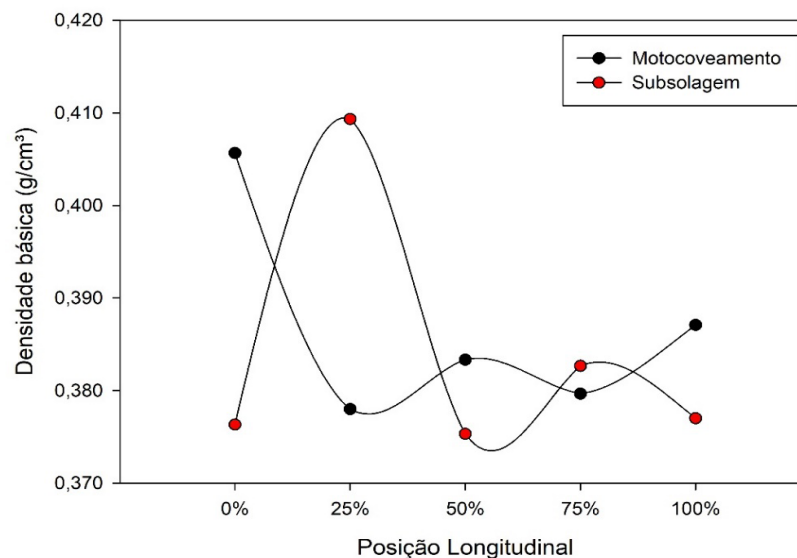


Figura 4 – Densidade básica média (g/cm³) por posição longitudinal de árvores de *Eucalyptus* submetidas a dois tipos de preparo de solo.

O modelo que mais representou os dados foi o de regressão polinomial de quarta ordem, com  $R^2$  de 1 para as duas formas de preparo do solo. As equações 1 e 2 representam os modelos que descrevem a relação entre densidade da madeira e posição longitudinal para motocoveamento e subsolagem, respectivamente.

$$Y = -1,7351x^4 + 3,7582x^3 - 2,5956x^2 + 0,5731x + 0,3763 \quad (\text{Equação 1})$$

$$Y = 0,6624x^4 - 1,4416x^3 + 1,0554x^2 - 0,2948x + 0,4057 \quad (\text{Equação 2})$$

Ainda sobre o padrão de variação longitudinal, e de acordo com a Figura 4, nota-se para o motocoveamento um brusco decréscimo inicial da densidade básica ocorridas entre as alturas da base e próxima à 25%, em seguida, observa-se um leve incremento ao longo das alturas relativas com pequenas oscilações. Já para a subsolagem, verifica-se um brusco aumento inicial da densidade básica entre a altura da base (0,376 g/cm³) até a posição de 25% de altura (0,409 g/cm³), seguido por um brusco decréscimo até a posição de 50% da altura relativa (0,375 g/cm³). As demais posições apresentaram pequenas oscilações.

Diferentes padrões de variações longitudinais podem ser encontrados para as madeiras. Vale et al. (1999) estudaram a *Acacia mangium* e observaram uma tendência de diminuição da densidade básica até a metade da altura, crescendo

daí até o topo, sem, no entanto, alcançar os valores da base. Alzate et al. (2005) descreve três tipos de padrão de variação de *E. saligna*: o crescimento já mencionado na Acácia, o modelo de pequeno aumento no sentido base-topo e uma variação caracterizada pela diminuição da densidade no sentido longitudinal.

Comparando com esses modelos, pode-se considerar que os tratamentos apresentaram variação pouco semelhantes, onde o motocoveamento se assemelha ao terceiro tipo, diferenciando-se por suas oscilações. Enquanto que, a subsolagem recorda o padrão descrito por Vale et al. (1999).

Entretanto, o padrão de variação observado para os dois tratamentos, principalmente para subsolagem, demonstra grande dispersão da densidade básica na árvore, explicado pela presença de madeira juvenil. Ademais, esse padrão pode ser alterado com o envelhecimento da árvore.

O decréscimo na densidade básica, para Trugilho et al (1996), frequentemente associa-se à proporção de madeira juvenil na árvore, alterando os padrões de variação longitudinal, logo, tornando-o menos consistente que sua variação radial.

## 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que o tipo de preparo do solo não interferiu no teor de umidade da madeira e nem na densidade básica, visto que não houve influencias no crescimento da árvore, que está diretamente relacionado à densidade e, dessa forma, não houve variações significativas para os fatores avaliados.

O padrão de variação longitudinal da densidade básica foi melhor representado pelo modelo de regressão polinomial de quarta ordem. Mesmo não diferindo estatisticamente na densidade básica em relação às fontes de variação, existe a possibilidade de encontrá-las nas propriedades anatômicas, sendo necessários mais estudos nessa área.

Contudo, é indicado que existam novos estudos do tipo de preparo do solo para árvores adultas, para conhecer o padrão de variação entre as madeiras das duas idades e a interação com a densidade básica.

## REFERÊNCIAS

ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S. **Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*.** Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 68, p. 87-95, ago. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 11941: Madeira – determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro, p. 6, mar. 2003.

ASTM (American Society for Testing and Materials). **D 4442-92 Standard test methods for direct moisture content measurements of wood and wood-based materials.** In Annual Book of ASTM

Standards. Philadelphia, US, ASTM. Vol. 04.10., 2003.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C V. T. **Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de Eucalyptus**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, out./dez. 2010.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. **Melhoramento genético da densidade da madeira do eucalipto**. Boletim Informativo IPEF, Piracicaba, v.6, n.20, p.A.1 – A.14, nov. 1978.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. **Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de Eucalyptus grandis**. R. Árvore, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 635-646, set. 2003.

MENESES, V. A.; TRUGILHO, P. F.; CALEGARIO, N.; LEITE, H. G. **Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do Eucalyptus urophylla**. Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 101-116, mar. 2015.

MONTEIRO, T. C.; VIEIRA, R. S.; LIMA, J. T; BARAÚNA, E. E. P.; CARVALHO, D. M.; LIMA, M. T. **Influência do lenho de tração nas propriedades físicas da madeira de Eucalyptus sp**. Journal of Biotechnology and Biodiversity, vol. 1, n. 1, p. 6-11, nov. 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. **Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto**. R. Árvore, Viçosa, v. 29, n. 1, p.115-127, jan./fev. 2005.

RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. **Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de Eucalyptus spp**. Revista IPEF, Piracicaba, n. 46, p. 76-85, dez./jan. 1993.

SOUZA, K. B.; ALMEIDA, K. N. S.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; GUIMARÃES NETO, R. M. **Comparação das propriedades físicas de painéis aglomerados de Pinus de origem industrial e laboratorial**. Scientia Plena, Sergipe, v. 8, n. 4, 2012.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna**. Cerne, Lavras, v. 2, n. 1, p. 94 -111, jul. 1996.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; MARTINS, I. S. **Variação axial da densidade básica da madeira de Acacia mangium WILLD aos sete anos de idade**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 85-92, jun. 1999.

## KRIGAGEM PARA A ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORES DE EUCALIPTO EM ÁREA DE DECLIVE

Data de aceite: 12/05/2020

Data de Submissão: 06/03/2020

### **Luilla Lemes Alves**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/3413855661495808>

### **Bruno Oliveira Lafeté**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/7137536896294497>

### **Ivan da Costa Ilhéu Fontan**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/2851092835077975>

### **Ícaro Tourino Alves**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/4915060772094998>

### **Tamires Mousslech Andrade Penido**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha  
e Mucuri,  
Departamento de Engenharia Florestal  
Diamantina – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/9574491245202619>

### **Adéliton da Fonseca de Oliveira**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/9434445136457223>

### **Isadora Azevedo Perpétuo**

Instituto Federal de Minas Gerais, Departamento  
de Engenharia Florestal  
São João Evangelista – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1961931804871987>

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes métodos de krigagem e modelos matemáticos de semivariograma teórico na estimativa da altura de eucalipto em área de declive. Aos 62 meses de idade foi realizado o inventário florestal em um talhão de 11,6 ha, sendo lançada uma parcela de 100 × 80m (8.000m<sup>2</sup>) em seu interior. A declividade das duas maiores arestas da parcela foi de 1% (relevo plano) e nas duas menores arestas, de 19% (relevo ondulado). A altura de todas as árvores foi medida. A análise de interpolação espacial adotou dois métodos de krigagem (simples e ordinária) e três modelos de semivariograma teórico (esférico, exponencial e gaussiano). Os ajustes do modelo gaussiano exibiram estimativas sem viés, com poucos desvios. Para o mesmo

modelo de semivariograma, o método de krigagem simples apresentou desempenho um pouco melhor na fase de validação que aquele da krigagem ordinária. Conclui-se que o método de krigagem simples associado ao modelo de semivariograma teórico gaussiano é eficiente para análises de interpolação geoestatísticas da altura de árvores de eucalipto em área de declive.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dependência espacial; Geoestatística; Método probabilístico; Interpolação; hipsometria.

## KRIGING FOR HEIGHT ESTIMATE OF EUCALYPT TREES IN A SLOPING AREA

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to evaluate the performance of different kriging methods and theoretical semivariogram mathematical models in the estimation of eucalyptus height in a slope area. a plot of 100 × 80m (8.000m<sup>2</sup>) is being launched inside. The slope of the two largest edges of the plot was 1% (flat relief) and the two smallest edges, 19% (undulating relief). The height of all trees was measured. Spatial interpolation analysis adopted two kriging methods (simple and ordinary) and three theoretical semivariogram models (spherical, exponential and gaussian). gaussian model adjustments exhibited unbiased estimates with few deviations. For the same semivariogram model, the simple kriging method performed slightly better in the validation phase than that of ordinary kriging. It is concluded that the simple kriging method associated with the gaussian theoretical semivariogram model is efficient for geostatistical interpolation analysis of eucalyptus tree height in slope area.

**KEYWORDS:** Spatial dependence; Geostatistics; Probabilistic method; Interpolation; hipsometry.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior extensão de área plantada com espécies florestais, abrangendo cerca de 7,83 milhões de hectares. Desse total, 5,7 milhões são ocupados por plantações de *Eucalyptus* (IBÁ, 2019). Trata-se de um gênero de grande importância comercial que exibe altas produtividades em território nacional, com médias oscilando de 35 a 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O sucesso da produção madeireira é consequência de programas de melhoramento genético, melhorias em práticas de preparo de solo, propagação de plantas, fertilização e demais técnicas silviculturais (NUNES, et al., 2016; BARRETO et al., 2016).

Para a quantificação da produtividade volumétrica de um povoamento florestal é fundamental a realização do inventário florestal. Neste procedimento, são tradicionalmente levantadas informações do diâmetro à altura do peito (DAP) de todos os fustes presentes nas unidades amostrais e a tomada da altura total de apenas parte desses fustes. Posteriormente, é estimada via modelagem hipsométrica

a altura das demais árvores que não tiveram seu fuste medido (BINOTI et al., 2013).

A modelagem hipsométrica é convencionalmente realizada por meio de modelos de regressão, estabelecendo uma relação funcional entre a altura e outra variável de fácil obtenção, como o DAP. A medição da altura é operacionalmente mais laboriosa do que aquela de DAP, além de prejudicada na presença de ventos e espaçamentos adensados (BINOTI et al., 2013; MENDONÇA et al., 2015; CAMPOS; LEITE, 2017).

Uma alternativa promissora para a modelagem da relação hipsométrica consiste no uso da interpolação espacial, que permite a análise, inclusive, de dependência espacial (ALVARENGA et al., 2012). A aplicação de interpolação visa a estimativa de valores em pontos não amostrados a partir de informações dos pontos amostrados, considerando a estrutura de dependência espacial da característica em estudo (GUEDES et al., 2012). Os interpoladores de dados espaciais têm sido utilizados em diversos setores da área agrícola e ambiental; exemplos podem ser encontrados para a estimativa de erosividade (BATISTA et al., 2018), precipitação (VIOLA et al., 2010), volume de madeira (LUNDGREN et al., 2015), fertilidade e textura de solos (SKORUPA et al., 2012), falhas e, ou, mortalidade de plantas (ODA-SOUZA et al., 2008). Entretanto, ainda, são poucas pesquisas que contemplam a análise espacial da altura de árvores.

A interpolação de dados espaciais por meio de krigagem é a mais conhecida pelos gestores florestais. A análise de tal interpolação é realizada predominantemente comparando os métodos de krigagem simples e ordinária. A principal diferença entre os métodos é que a krigagem simples assume a função média do processo estocástica conhecida, enquanto que na krigagem ordinária é desnecessário o conhecimento desta média (CARMO et al., 2015).

Mediante exposto, o objetivo foi avaliar o desempenho de diferentes métodos de krigagem e modelos matemáticos de semivariograma teórico na estimativa da altura de eucalipto em área de declive.

## 2 | METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido em um talhão comercial de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden de 11,6 hectares, proveniente de um projeto de fomento florestal situado em área do município de Peçanha, no Vale do Rio Doce em Minas Gerais – Brasil. O clima da região segundo sistema internacional de Köppen (KÖPPEN, 1936) é do tipo Cwa, mesotérmico úmido (verão quente e chuvoso). As médias anuais de temperatura e precipitação são de 20,4° C (médias variando de 17,3°C em julho a 23,1°C em janeiro) e 1.339 mm (médias variando de 13 mm agosto a 287 mm em dezembro), respectivamente. Os dados climáticos foram oriundos de

registros anuais de 1982 a 2012, disponibilizados gratuitamente por Climate-data.org (<http://es.climate-data.org/>).

O talhão foi instalado em outubro de 2014 sob arranjo espacial 3 x 3m, em área com histórico de uso e ocupação por povoamentos de eucalipto. Realizaram-se operações de coveamento (covas de 30 x 30 x 30cm) e fertilização em covetas laterais, sendo aplicado no plantio 500g de NPK 6:30:6 por coveta e, em cobertura (12 meses após o plantio), 700g de NPK 6:10:29 por coveta. Os controles de formiga e matocompetição foram efetuados com isca formicida Dinagro-S® e herbicida glifosato (produto comercial Scout WG – Monsanto) conforme recomendações do próprio fabricante, respectivamente.

Aos 61 meses de idade foi realizado o inventário florestal, sendo lançada uma parcela experimental retangular de 100 x 80m (8.000m<sup>2</sup>, equivalente a uma intensidade amostral de 6,90%) no interior do talhão, sob as coordenadas de 18°36'35,36" de latitude Sul e 42°36'25,46" de longitude Oeste (Datum WGS84). Assumiu-se uma bordadura dupla (duas fileiras de plantio) para o lançamento da parcela experimental. A declividade das duas maiores arestas da parcela foi igual a 1% (relevo plano) e nas duas menores arestas, de 19% (relevo ondulado). Todas as árvores tiveram a altura total medida com auxílio de um hipsômetro eletrônico Haglof. As árvores foram demarcadas em um plano cartesiano (X, Y), onde X e Y são a distância em metros da projeção dos pontos nos eixos para a árvore origem (0, 0).

De modo exploratório, os dados foram submetidos à estatística descritiva (mínimo, máximo, média, mediana, moda, desvio padrão e quartis) e análises gráficas de frequência (histograma) e de tendência a partir da dispersão entre os valores de altura e o plano cartesiano; o coeficiente de correlação de Pearson (r) foi calculado entre os dados de altura e os eixos cartesianos. A amplitude e quantidade de classes do histograma foram definidas conforme critério de Scott (1979).

A análise de interpolação espacial adotou dois métodos de krigagem (simples e ordinária) e três modelos matemáticos de semivariograma (esférico, exponencial e gaussiano), 12 lags de 4m cada. Os dois métodos de krigagem e os três modelos matemáticos de semivariograma teórico totalizaram seis combinações.

Inicialmente, para cada modelo de semivariograma, os seguintes parâmetros foram calculados e representados graficamente: efeito pepita ( $C_0$ ), contribuição ( $C_1$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e alcance. O efeito pepita é o valor de semivariância encontrada quando a distância é zero e representa o componente da variação ao acaso; contribuição é a diferença entre o patamar e o efeito pepita; patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza e se torna constante; e o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando até que ponto se percebe o efeito da dependência espacial (LUNDGREN et al., 2016).

A quantificação do Índice de Dependência Espacial (IDE) foi realizada pela razão entre o efeito pepita e o patamar. Classificou-se o IDE segundo critério usado por Lundgren et al. (2016), que considera a dependência espacial forte quando IDE é menor ou igual a 0,25; moderada quando está entre 0,25 e 0,75 e fraca, quando é maior que 0,75.

A existência de anisotropia foi investigada a partir da construção de semivariogramas nas direções 0, 45, 90 e 135° e análise do comportamento espacial. A anisotropia é evidenciada quando os semivariogramas apresentam patamar, alcance e efeito pepita distintos para alguma das direções (LUNDGREN et al., 2016). A correção da anisotropia foi realizada para a elaboração dos mapas de interpolação de cada combinação entre método de krigagem e modelo de semivariograma teórico. A definição de classes de altura empregou amplitudes de decis dos dados observados.

A técnica de validação cruzada leave-one-out, também conhecida como Jackknife, foi utilizada para definir a melhor combinação. O desempenho preditivo das combinações foi examinado em duas circunstâncias, uma considerando as estimativas de todo o conjunto de dados e outra para a validação cruzada. A qualidade preditiva contemplou as estatísticas de Média dos Desvios Absolutos (MDA), Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM) e coeficiente de correlação. Menores valores de MDA e RQEM implicam em maior qualidade preditiva. As análises gráficas consistiram na inspeção estatística da dispersão dos resíduos padronizados e dos valores observados em relação àqueles estimados.

As análises estatísticas foram efetuadas com auxílio do *software* R versão 3.5.2 (R CORE TEAM, 2018) e ESRI ArcMap 10.3.1, ao nível de significância de 1%.

### 3 | RESULTADOS

Na análise exploratória dos dados de altura das árvores de eucalipto, obteve-se uma amplitude de variação de 11,8m (de 13,2 a 25,0m), com média de 21,5m, mediana de 21,5m, moda de 21,8m e desvio padrão de 1,5m. Ao analisar o histograma da Figura 1, constatou-se que a distribuição dos dados tendeu à simetria. Logo, os dados de altura não foram transformados para as análises geoestatísticas subsequentes. Considerando os valores do 1º e 3º quartil, verificou-se que 25% das árvores apresentaram valores de altura abaixo de 20,9m e 25% das árvores apresentam valores acima de 22,4m.



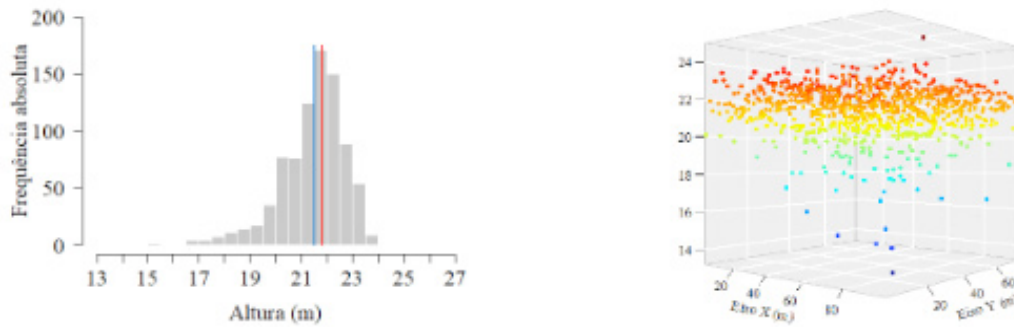


Figura 1 – Histograma de frequência observada da altura de árvores de eucalipto em área de declive à direita e dispersão dos dados de altura (eixo Z, m) em plano cartesiano 3D. No histograma, a linha vermelha representa a moda e a linha azul, coincidem a média e a mediana.

Mesmo em área de declive, não foram observadas tendências lineares ou não lineares nos dados de altura em relação ao plano cartesiano (Figura 2), que se distribuíram homoganeamente ao longo dos eixos X e Y. Não se verificou tendências no comportamento dos dados ao longo dos eixos cartesianos (perpendiculares entre si), ou seja, não existe nenhum tipo de enviesamento ou tendenciosidade direcionada. Os coeficientes de correlação entre a altura e os eixos cartesianos foram baixos, de  $r = -0,1645$  ( $p \leq 0,01$ ) com o eixo X e de  $r = 0,0829$  ( $p > 0,01$ ) com o eixo Y.

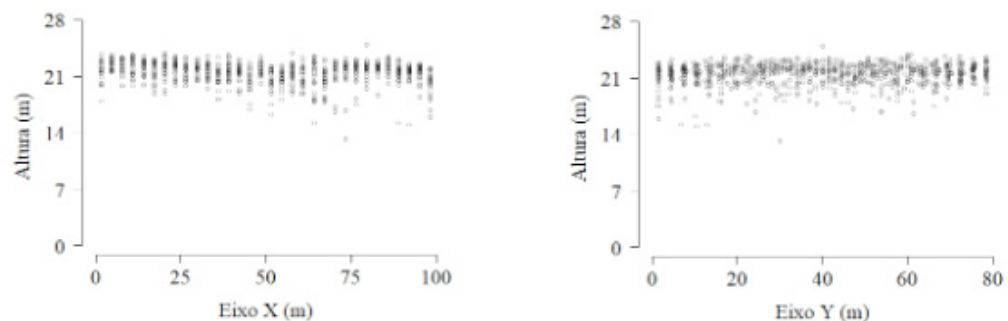


Figura 2 – Dispersão da altura de árvores de eucalipto em área de declive distribuídas em plano cartesiano, nos eixos X e Y.

Os valores dos parâmetros dos semivariograma estão apresentados na Tabela 1. Nenhum dos semivariogramas apresentou efeito pepita puro. Para a altura de árvore de eucalipto em área de declive, o alcance (a), que representa a distância na qual há dependência espacial entre amostras, variou de 27 (gaussiano) a 37m (exponencial) entre os modelos matemáticos de semivariograma teórico. As estatísticas geradas com o modelo gaussiano exibiram maior efeito pepita e menor contribuição, refletindo em maior valor para o grau de dependência espacial ou variação estruturada (Figura 3). O maior patamar ( $C_0 + C_1$ ) foi evidenciado para o modelo exponencial.

Modelo	Efeito pepita	Contribuição	Patamar	Alcance (m)	IDE
Esférico	1,4590	0,3923	1,8513	30,8134	0,79
Exponencial	1,3089	0,5472	1,8561	36,6632	0,71
Gaussiano	1,5220	0,3396	1,8616	27,2832	0,82

IDE = índice de dependência espacial.

Tabela 1 – Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados de semivariograma teórico para a altura de árvores de eucalipto em área de declive

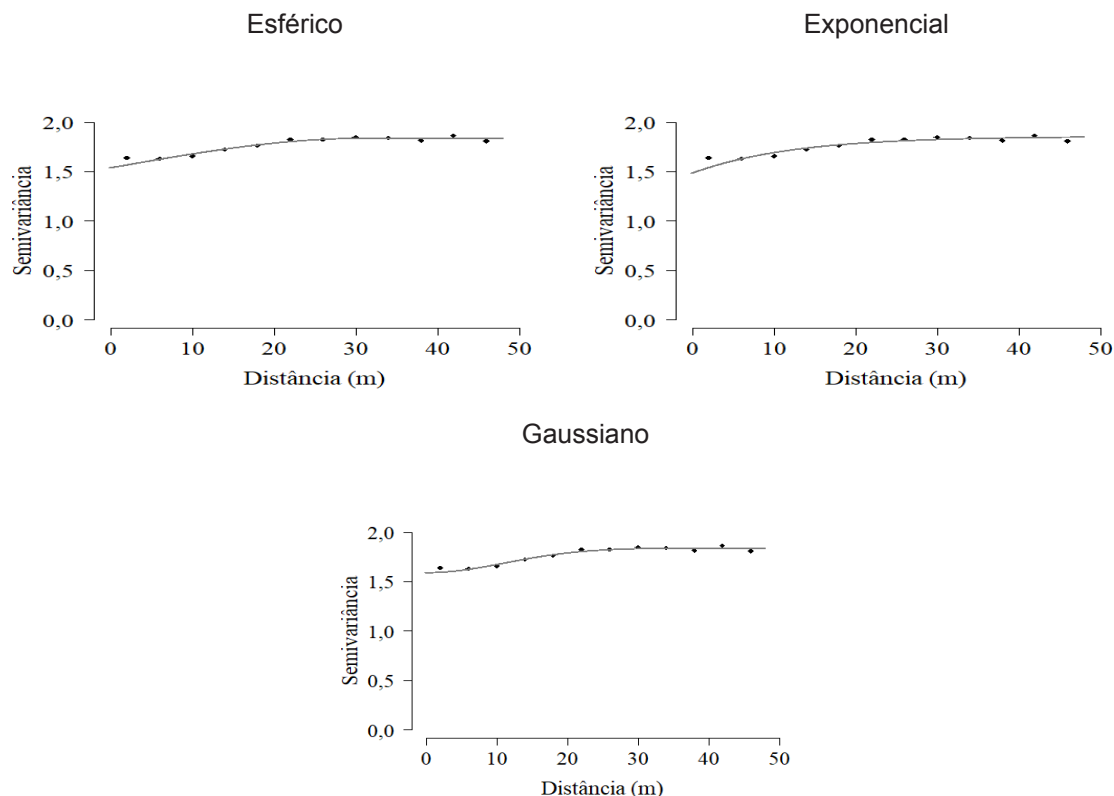


Figura 3 – Semivariogramas teóricos ajustados a partir dos modelos esférico, exponencial e gaussiano para a altura de árvores de eucalipto aos 5 anos de idade em área de declive.

O desempenho preditivo oscilou pouco entre os métodos de krigagem e modelos de semivariograma (Tabela 2). No que se refere a todo conjunto de dados, os coeficientes de variação foram de 4,99 e 4,79% para o MDA e RQEM, respectivamente. Nesta mesma sequência de estatísticas de qualidade, os coeficientes de variação foram de 0,30 e 0,33% para a validação. O contraste entre as estimativas de altura obtidas para todo Wo conjunto de dados e validação cruzada, demonstrou que os ajustes do modelo gaussiano exibiram as menores diferenças percentuais (< 6,5%) de MDA e RQEM. O maior declínio em qualidade preditiva na validação foi observado com o uso do modelo exponencial.

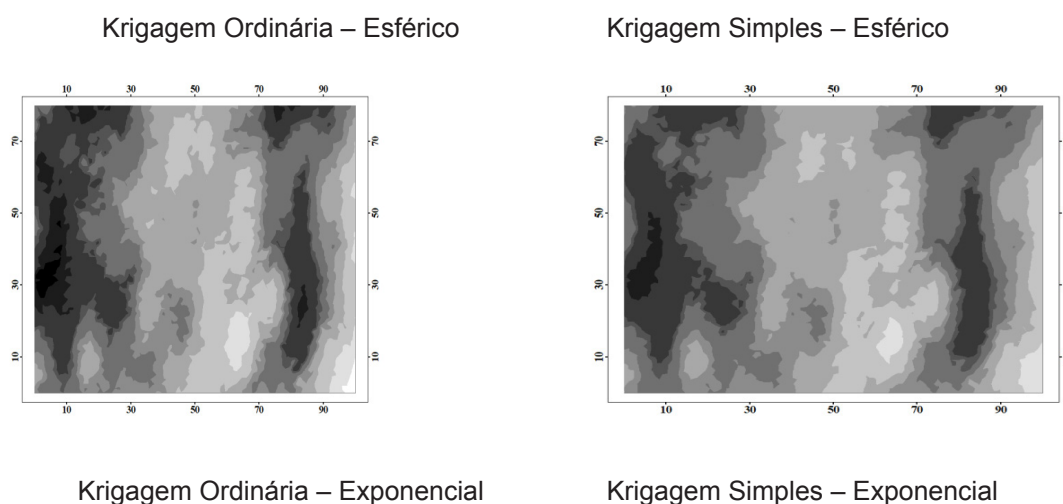
Krigagem	Modelo	MDA	RQEM	r
----- Todos os dados -----				
Ordinária	Esférico	0,8674	1,1835	0,4821**
Ordinária	Exponencial	0,8050	1,1042	0,6013**
Ordinária	Gaussiano	0,8983	1,2262	0,4090**
Simple	Esférico	0,8675	1,1854	0,5012**
Simple	Exponencial	0,8048	1,1054	0,6249**
Simple	Gaussiano	0,8995	1,2283	0,4160**
----- Validação cruzada -----				
Ordinária	Esférico	0,9513	1,2994	0,2759**
Ordinária	Exponencial	0,9536	1,3052	0,2687**
Ordinária	Gaussiano	0,9533	1,2986	0,2764**
Simple	Esférico	0,9464	1,2948	0,2714**
Simple	Exponencial	0,9489	1,3015	0,2619**
Simple	Gaussiano	0,9484	1,2934	0,2737**

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste *t*.

Tabela 2 – Estatísticas de qualidade do desempenho preditivo das combinações entre métodos de krigagem e modelos ajustados de semivariograma teórico para a altura de árvores de eucalipto em área de declive

Para o mesmo modelo de semivariograma, o método de krigagem simples apresentou desempenho um pouco melhor na fase de validação que aquele da krigagem ordinária. A combinação entre o método de krigagem simples e modelo gaussiano resultou no maior coeficiente de correlação na validação ( $r = 0,2737$ ,  $p \leq 0,01$ ).

Os mapas de interpolação gerados para combinação entre os métodos de krigagem e modelos ajustados de semivariograma teórico são apresentados na Figura 4. Visualmente, os mapas apresentaram estruturas bem diferenciadas umas das outras. A maior precisão das estimativas de altura foi observada para a interpolação do método de krigagem simples e modelo gaussiano.



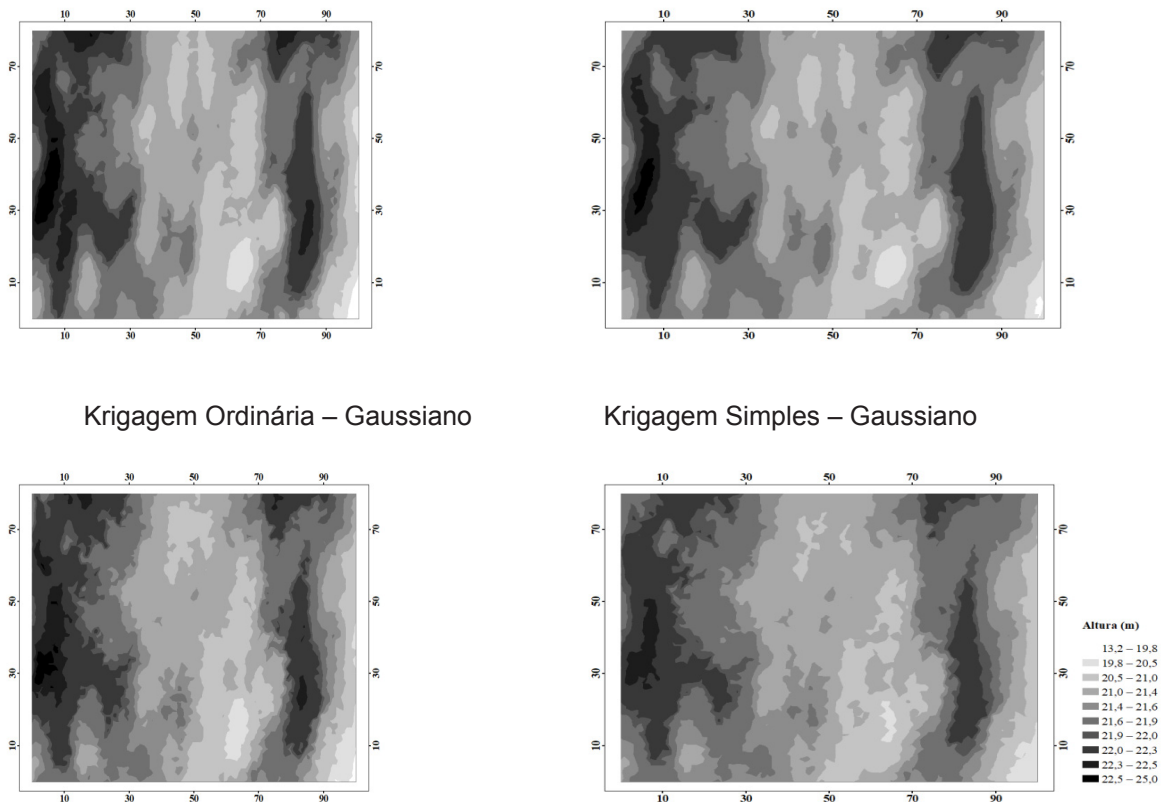


Figura 4 – Interpolações relacionadas a diferentes métodos de krigagem e modelos ajustados de semivariograma teórico para a altura de árvores de eucalipto em área de declive.

## 4 | DISCUSSÃO

O total de árvores contidas na parcela experimental foi de 849 indivíduos em 860 covas. A mortalidade regular e/ou irregular não foi identificada em campo (parcela experimental), sendo constatadas 1,28% de falhas de plantio. O coeficiente de variação da altura de árvores de eucalipto foi de relativamente baixo (6,25%) e evidenciou pequena dispersão relativa dos dados de altura em torno da média. As medidas de posição (média, moda e mediana) foram próximas entre si (oscilando de 21,5 a 21,8m). Esta semelhança é um indício claro de simetria e tendência à normalidade (JUNQUEIRA JÚNIOR et al., 2008), que pode ser comprovada graficamente pelo histograma de frequência de absoluta (Figura 1). A premissa de normalidade é um aspecto relevante para a obtenção de um bom ajuste de modelos de semivariograma teóricos pelo algoritmo de máxima verossimilhança (LIZZI et al., 2016).

A ausência de tendências lineares e não lineares nos dados de altura em relação ao plano cartesiano (Figura 2) foi essencial para o bom desempenho preditivo das interpolações. Os baixos coeficientes de correlação ( $r < 10,171$ ) confirmaram a ausência de tendências no que se refere aos eixos cartesianos. Segundo GOMES et al. (2007), a presença de tais tendências em dados inviabiliza a aplicação da

geoestatísticas e influenciam a estrutura de dependência espacial.

O modelo de semivariograma ajustado esférico modelou adequadamente o conjunto de dados de altura, entretanto apresentou viés para as menores distâncias, subestimando a semivariância do efeito pepita. Por outro lado, o modelo exponencial superestimou a semivariância em maiores distâncias e a subestimou naquelas menores. O alcance desses dois modelos ajustados foi superior ao gaussiano, que se mostrou mais preciso para delinear as semivariância ao longo das distâncias.

Pela análise de parâmetros do semivariograma teórico gaussiano (Tabela 1), a dependência espacial da altura de árvores de eucalipto foi classificada como fraca ( $IDE = 0,82$ ), apesar de ter exibido um alcance de 27m, representa o raio mínimo entre pontos amostrais de altura de eucalipto em área declivosa a fim de atendimento ao princípio de aleatoriedade. Conforme LUNDGREN et al. (2016), maiores valores de alcance representam homogeneidade da área, aumentando a qualidade preditiva das estimativas para a geoestatística. A escolha do procedimento amostral para a medição da altura de árvores com hipsômetro deve ser planejada com cautela, principalmente, em sítios com relevo acidentado e declivosos. Recomenda-se a análise prévia geoestatística para subsidiar o planejamento e tomada de decisões sobre a definição de rotinas operacionais de medição de parcelas em inventários florestais contínuos e pré-corte. Enfatiza-se que o princípio da aleatoriedade é de fundamental importância para a obtenção de dados não enviesados durante a aplicação de técnicas estatísticas paramétricas, como a tradicional regressão linear e, especificamente no setor florestal, a modelagem hipsométrica.

O tamanho da parcela experimental e quantidade de árvores amostradas foram suficientemente grandes para a captação de variações da altura de árvores de eucalipto, permitindo a discriminação de regiões onde apresentam maior probabilidade de ocorrência de fustes dominantes e suprimidos. Pequenas oscilações das condições de relevo e distribuições de fertilizantes e demais tratamentos silviculturais durante a implantação e condução florestal podem favorecer ou prejudicar o crescimento de árvores específicas (ATTIA et al., 2019; MAIRE et al., 2019).

A interpolação da altura de árvores de eucalipto se mostrou uma eficiente ferramenta para a silvicultura de precisão, identificando regiões que requerem tratamentos silviculturais distintos em um mesmo talhão comercial. Portanto, a padronização na aplicação de corretivos e fertilizantes não é garantia de homogeneidade da altura de árvores em unidades de manejo florestal. O levantamento de todos os custos envolvidos desde o planejamento de plantio até as operações de colheita deve ser considerado na busca de mais precisão das atividades florestais.

Os resultados obtidos fornecem informações úteis para o desenvolvimento de futuras pesquisas relacionadas à hipsometria vegetal e quantificação do estoque de

madeira. A interpolação probabilística com método de krigagem simples associado ao modelo de semivariograma teórico gaussiano se mostrou uma combinação precisa para a estimativa de altura de árvores de eucalipto e classificação de regiões mais produtivas em sítios florestais.

## 5 | CONCLUSÕES

O método de krigagem simples associado ao modelo de semivariograma teórico gaussiano é eficiente para análises de interpolação geoestatísticas da altura de árvores de eucalipto em área de declive.

Mesmo fraca, a dependência espacial da altura de eucalipto em área de declive pode existir e seu procedimento de amostragem em inventários florestais deve ser vista com cautela para assegurar o princípio da aleatoriedade.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA, L. H. V.; MELLO, J. M.; GUEDES, I. C. L.; SCOLFORO, J. R. S. Desempenho da estratificação em um fragmento de cerrado *stricto sensu* utilizando interpolador geoestatístico. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 675-681, 2012.

ATTIA, A.; NOUVELLON, Y.; CUADRA, S.; CABRAL, O.; LACLAU, J. P.; GUILLEMOT, J.; CAMPOE, O.; STAPE, J. L.; GALDOS, M.; LAMPARELLI, R.; MAIRE, G. Modelling carbon and water balance of *Eucalyptus* plantations at regional scale: effect of climate, soil and genotypes. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 449, 2019, 117460.

BARRETO, T. G.; NETTO, S. P.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; SANQUETTA, C. R. Influência das características químicas do solo na dinâmica de crescimento de um fragmento florestal. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2016.

BATISTA, M. L.; COELHO, G.; TEIXEIRA, M. B. R.; OLIVEIRA, M. S. Estimadores de semivariância: análise de desempenho no mapeamento da precipitação anual para o estado de Minas Gerais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 64-74, 2018.

BINOTI, D. H. B. et al. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos. **Agrária**, Recife, v. 8, p. 125-129, 2013.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Editora UFV, Viçosa, MG, 5ª ed., 2017, 548p.

CARMO, E. J.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, G. R. Avaliação dos interpoladores krigagem e topo to raster para geração de modelos digitais de elevação a partir de um "As Built". **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 21, n. 4, p. 674-690, 2015.

GOMES, N. M.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; FARIA, M. A.; OLIVEIRA, P. M. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físicos-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 435-443, 2007.

GUEDES, I. C. L.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R.; OLIVEIRA, A. D.; SILVA, S. T.; SCOLFORO, J. R. S. Técnicas geoestatísticas e interpoladores espaciais na estratificação de povoamentos de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 541-550, 2012.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] Histórico do Desempenho do Setor, 2019. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em dez/2019.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F. Continuidade espacial de atributos físicos-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de cabeceira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimate**. Berlin: Gerbrüder Bornträger, 1936. 44p.

LIZZI, E. A. S.; ACHCAR, A.; MARTINEZ, E. Z.; ACHCAR, J. Algumas considerações práticas sobre a precisão dos estimadores de mínimos quadrados e máxima verossimilhança para os parâmetros de regressão linear normal. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 55-70, 2016.

LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, J. A. A. FERREIRA, R. L. C. Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 243-250, 2015.

LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. Influência do tipo de amostragem na estimativa de volume de madeira de eucalipto por krigagem. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 511-523, 2016.

MAIRE, G.; GUILLEMOT, J.; CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y. Light absorption, light use efficiency and productivity of 16 contrasted genotypes of several *Eucalyptus* species along a 6-year rotation in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 449, 2019, 117443.

MENDONÇA, A. R.; CARVALHO, S. P. C.; CALEGARIO, N. Modelos hipsométricos generalizados mistos na predição da altura de *Eucalyptus sp.* **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 107-115, 2015.

NUNES, A. C. P.; SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Estabelecimento de zonas de melhoramento para clones de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 563-574, 2016.

ODA-SOUZA, M.; BARBIN, D.; JÚNIOR, P. J. R.; STAPE, J. L.; Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.3, p.499-509, 2008.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2018.

SCOTT, D. W. On optimal and data-based histograms. **Biometrika**, Oxford, v. 66, n. 3, p. 605-610, 1979.

SKORUPA, A.; LUCIA, A.; GUIMARÃES, G.; ROBERTO, L.; CURI, N.; SILVA, C.P. C.; SCOLFORO, J. R. S.; SÁ, G.; MARQUES, J. J. M. Propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais: distribuição por fitofisionomia, hidrografia e variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 11-22, 2012.

VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 970–978, 2010.

## CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA PLÁSTICA E SUA UTILIDADE NA INDÚSTRIA MADEIREIRA

Data de aceite: 12/05/2020

### **Yonny Martinez Lopez**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/4179162228704577>

### **Fabricio Gomes Gonçalves**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/0616694853822879>

### **Juarez Benigno Paes**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/3454401627877927>

### **Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/0125088071269647>

### **Marcos Alves Nicácio**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/3271895926396491>

### **Emily Soares Gomes da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Florestais e da  
Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo,  
Brasil. <http://lattes.cnpq.br/2988555489175358>

**RESUMO:** Os painéis de madeira plástica constituem um produto madeireiro de grande importância para a indústria florestal. O objetivo deste trabalho é mostrar as características dos painéis de madeira plástica para o desenvolvimento da indústria madeireira e florestal, que, devido às suas propriedades, são amplamente utilizadas em diversas áreas nos mais variados fins, colocando-as entre os materiais de maior demanda no mercado internacional. Devido ao seu valor agregado tornou-se um produto altamente preferencial. No presente trabalho, os painéis foram desenvolvidos por extrusão, com dimensões de 6000x250x16 mm de comprimento, largura e espessura, respectivamente. Os painéis foram fabricados com resíduos da indústria florestal do processamento primário da madeira de *Pinus caribaea* e termoplásticos reciclados como tereftalato de Polietileno (PET), Polietileno de alta densidade (PEAD), Polietileno de baixa densidade (PEBD), Polipropileno (PP) e Policloreto de vinilo (PVC). Todos os materiais termoplásticos foram utilizados em proporções iguais até atingirem a percentagem planejados para cada tratamento. No trabalho é proposta a metodologia para sua elaboração, onde



é detalhada cada um dos passos a serem realizados para cada matéria-prima e no processo tecnológico. Foram desenvolvidos seis painéis nas proporções de termoplástico-serragem-aditivos da seguinte forma: T1 (40-55-5); T2 (45-45-10); T3 (50-35-15); T4 (55-25-20); T5 (60-40-0); T6 (40-60-0). De maneira geral os tratamentos desenvolveram boas propriedades físico-mecânicas, o que garante sua aplicabilidade. Os resultados indicam que as propriedades físicas dos painéis têm uma tendência a melhorar com o aumento da densidade, isso está condicionado as características dos termoplásticos usados. Foi também demonstrado que os tratamentos oferecem maior resistência à ação da água nos tratamentos cuja dosagens de termoplásticos foi maior, dado pelo encapsulamento das partículas de madeira pela matriz termoplástica, isso melhorou consideravelmente as propriedades físicas, bem como a compatibilidade entre as matérias-primas utilizadas. Estas propriedades favorecem que os painéis tenham boas perspectivas no desenvolvimento da indústria florestal e madeireira.

**PALAVRAS CHAVE:** matéria-prima, resíduos industriais, painéis reconstituídos, processo tecnológico.

## CHARACTERIZATION OF WOOD-PLASTIC COMPOSITE (WPC) AND THEIR UTILITY IN THE WOOD INDUSTRY

**ABSTRACT:** Wood-Plastic Composite is a product of great importance for the woodworking and forest industry. The objective of the work is to show the characteristics of this panels for the development of the forestry and timber industry, which, due to their properties, are widely used several areas in various purposes, placing them among the materials of greatest demand in the international market. Because of their value added has become a highly preferred product. The board were developed by extrusion, with dimensions of 6000×250×16 mm in length, width and thickness, respectively. The particleboards were manufactured with residues from the forestry industry from the primary processing of *Pinus caribaea* wood and recycled thermoplastics such as Polyethylene terephthalate (PET), Polyethylene high density (HDPE), Low density polyethylene (LDPE), polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC). All used in equal proportions until they reach the percentages planned for each treatment. The work proposes the methodology for its elaboration, in which each step to be performed for each raw material and in the technological process is detailed. Six boards were developed in the proportions of thermoplastic-sawdust-additives as follows: T1 (40-55-5); T2 (45-45-10); T3 (50-35-15); T4 (55-25-20); T5 (60-40-0); T6 (40-60-0). In general, the treatments obtained developed good physical-mechanical properties, which guarantees its applicability. The results indicate that the physical properties of the boards have a tendency to improve with increasing density, this is conditioned to the characteristics of the thermoplastics used. It has also been shown that treatments offer greater resistance to the action of water whose dosages of thermoplastics and

greater, due to encapsulation of the wood particles by the thermoplastic matrix, this considerably improves the physical properties. As well as the compatibility between the raw materials used. These properties favor that the panels have good prospects in the development of the wood and forestry industry.

**KEYWORDS:** raw material, industrial waste, reconstituted panels, technological process.

## 1 | INTRODUÇÃO

A indústria da madeira têm a característica de gerar grandes volumes de resíduos durante o processo de exploração florestal, seja antes introduzida no processo industrial até que o produto final seja obtido. Esses resíduos podem contribuir para o mundo da economia, pois podem contribuir na elaboração de produtos de qualidade e com um valor de mercado significativo. A sociedade, juntamente com a revolução tecnológica, levou à maior produção de resíduos em toda a história da humanidade. No entanto, as melhorias tecnológicas resolverão simultaneamente os problemas de poluição e a escassez de recursos naturais (Lopez et al., 2020).

Os resíduos de processos industriais e de serviços, bem como na esfera residencial, são considerados uma necessidade social para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e seu uso pode constituir uma solução não apenas para os problemas ambientais que sua disposição incorreta causou ao longo dos anos, mas, por sua vez, agrega maior valor à madeira na indústria florestal (Ortega et al., 2018).

O uso de subprodutos, tanto florestais quanto outras indústrias, é pouco utilizado. Por exemplo: serragem e plásticos são armazenados em grandes colinas ou queimados em caldeiras, acarretando graves danos ao meio ambiente. Há maneiras de se aproveitar estes resíduos/insumos, principalmente, da serragem, que, embora seja frequentemente usada na produção de celulose, papel e fertilizantes, tem amplas perspectivas para a indústria de papelão. Seu uso associado a outros resíduos industriais (termoplásticos), possuem potencial de gerar produtos de qualidade satisfatória, podendo substituir o uso de outros materiais que são mais difíceis de descartar (Najafi 2013).

No entanto, a realidade é que em países que não possuem essas tecnologias, seu uso como combustível é o mais comum. O desenvolvimento de novos materiais derivados da reciclagem de plásticos e madeira está se tornando uma alternativa real e vantajosa, abrindo oportunidades e possibilidades para sua aplicação em produtos para diferentes áreas, devido às inúmeras vantagens que apresentam, principalmente para uso ao ar livre (Moreno e Saron, 2017).

Os painéis madeira plástica são fabricados pela mistura de plásticos sintéticos e serragem ou fibras vegetais, e são de crescente interesse na ciência e engenharia de materiais. Seu valor ambiental é evidenciado pelo fato de este material permitir a fabricação de estruturas recicladas e recicláveis que favorecem a reutilização e a recuperação de resíduos. Este tipo de painel possui boas propriedades físico-mecânicas, atribuindo uma vida útil superior à madeira e a outros materiais de construção (Migneault et al., 2015).

Nesta pesquisa, a partir da mistura de serragem de *Pinus caribaea* var *caribaea* com resíduos termoplásticos e aditivos químicos, foi desenvolvido um produto florestal que, devido à sua baixa porosidade e resistência às propriedades físico-mecânicas, pode se tornar um forte concorrente comparado aos materiais comumente usados na construção de elementos para residências, prédios e embalagens de aplicações internas e externas, substituindo placas e metais convencionais por grandes vantagens contra os efeitos das intempéries.

## 2 | CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Foram fabricados seis painéis nas proporções de termoplástico-serragem-aditivos (Carbonato de cálcio, ácido esteárico) da seguinte forma: T1 (40-55-5); T2 (45-45-10); T3 (50-35-15); T4 (55-25-20); T5 (60-40-0); T6 (40-60-0). Foram avaliados o comportamento da matéria-prima, bem como o tratamento realizado para cada uma delas, principalmente relacionado ao teor de resina na madeira de pinus e na trituração de plásticos reciclados. Os resultados foram comparados com um painel comercial (testemunha) obtido na empresa que produz esse tipo de painel em Cuba.

As matérias-primas utilizadas no processo produtivo do compósito madeira plástica (WPC) foram obtidas em diversos setores produtivos, a serragem de *Pinus caribaea* foi obtido no processo de transformação primária da madeira da indústria florestal. Por sua vez, os resíduos termoplásticos foram obtidos do setor social, por meio de empresas de recuperação de matérias-primas.

Foi possível obter resíduos termoplásticos correspondentes aos cinco grupos de acordo com sua classificação, os quais foram incorporados ao processo produtivo após trituração. Esses resíduos substituíram os plásticos virgens que a empresa normalmente usa para fabricar os painéis. Os tratamentos realizados na matéria-prima descrita no projeto tecnológico foram realizados em correspondência com as normas internacionais específicas, permitindo colocar a madeira e os termoplásticos em condições adequadas para uso no processo tecnológico dos painéis.

### 3 | TRATAMENTOS REALIZADOS NA SERRAGEM DE *PINUS CARIBAEA*

O peneiramento foi realizado para determinar a distribuição das partículas de acordo com seu tamanho, devido ao uso de meios efetivos de transporte, além de fornecer a faixa ideal de uso como matéria-prima para o desenvolvimento dos painéis. O teste foi realizado no Laboratório de Estrutura da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo. As peneiras de distribuição são consideradas pela série *Tyler*, que define um intervalo de 2.362 mm a 0,038 mm de abertura, para isso foi usada uma amostra de 100 g de serragem e, usando uma peneira vibratória por 30 minutos.

A determinação da umidade foi realizada a partir de amostras de cerca de 1g, seca em estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , de acordo com a Associação Técnica para as Indústrias de Papel e Celulose - TAPPI T12 os-75 (1992).

### 4 | PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE RESINA DA SERRAGEM DE *PINUS CARIBAEA*

O processo foi realizado no laboratório de Química da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, de acordo com a Norma TAPPI T 257 os-76 (1978). A extração foi feita a partir de uma amostra de 5,0 gramas da serragem, com base no seguinte procedimento: etanol como solventes para a extração (2:1) por 8 horas, seguido de extração em etanol a 95% por 4 horas. A extração foi realizada usando um equipamento Soxhlet com contra fluxo de água fria durante o tempo estabelecido por cada solvente de acordo com o padrão. Após, foram secos em estufa por 4 horas a uma temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### 5 | TRATAMENTOS REALIZADOS PARA RESÍDUOS TERMOPLÁSTICOS

Os termoplásticos usados foram classificados e separados, a trituração foi realizada no Laboratório de Painéis da Universidade Federal do Espírito Santo, utilizando um moinho de martelo. Após foram lavados em água a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , usando detergente para remover todas as impurezas contidas nos materiais, uma vez que muitos deles são provenientes do setor residencial e secos ao ar.

### 6 | CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO DO WPC

#### 6.1 Distribuição granulométrica da serragem de *Pinus caribaea*

Determinou-se que para cada  $\text{m}^3$  de serragem, 88,3% podem ser utilizados no processo de produção de compósito de madeira plástica (Figura 1), pois estão entre as faixas estabelecidas para a fabricação de painéis de partículas (0,04 a 0,83 cm)

(Mrad et al., 2018).

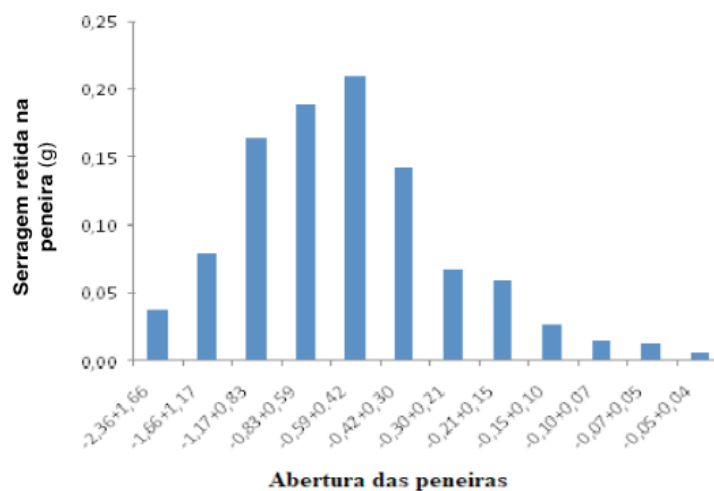


Figura 1. Análise granulométrico das partículas de serragem de *Pinus caribaea*.

Neste ensaio, a presença de casca não foi quantificada, pois foram removidas das amostras de serragem. Considera-se que a forma típica de partícula é um paralelepípedo, pois as peneiras utilizadas no processo são projetadas para atingir essa geometria. Na prática, uma partícula aceitável deve atingir um índice de esbeltez entre 60 e 120, sendo 100 o caso ideal para as partículas de pinho (aproximadamente 70,7) (Machado et al., 2016).

Esse valor varia para partículas finas e grossas na fabricação de painéis de madeira plástica (WPC), sendo que quanto menor o tamanho das partículas o fluxo tecnológico oferece uma melhor ligação entre as partículas de serragem, termoplásticos e aditivos, favorecido pelas altas temperaturas durante a fundição de resinas plásticas, melhorando o contato entre elas e conseqüentemente a adesão e a transmissão de força (Liang, 2017a).

## 6.2 Avaliação do teor de umidade do serragem de *Pinus caribaea*

O teor de umidade das partículas de serragem desempenha um papel importante na fabricação de painéis de partículas, incluindo o WPC, contribuindo para o transporte rápido de energia térmica para o painel, permitindo que suas propriedades sejam melhores, facilitando a função de cada um dos aditivos utilizados (Liang, 2017b). Estima-se que em 1 kg de amostra de serragem tenha 0,2 kg de umidade. Em escala industrial, esse procedimento é realizado em secadores do tipo suspensão com gases, gases de combustão, ar quente ou ambos, com a temperatura de entrada e saída variando entre 117 e 175°C, respectivamente

(Kaboarani, 2017).

O teor de umidade inicial da serragem de *Pinus caribaea* foi de 20%, o que determinou que, para uso como matéria-prima, deve atender aos padrões estabelecidos a esse respeito. Isso implica uma redução de pelo menos 15% necessária para ter matéria-prima adequada para seu uso na produção do aglomerado, que estabelece 3 a 6% de umidade, considerando seu estado ideal entre 1 e 2% de umidade.

A estabilidade do teor de umidade das amostras de serragem utilizadas na fabricação dos painéis de madeira plástica foi obtida com um teor médio de umidade de 4,5%. Teores de umidade semelhantes são relatados na literatura (Lopez et al., 2020) para compostos feitos à base de serragem de madeira e termoplásticos por moldagem por injeção usando madeira com um teor de umidade de 3% antes do processamento de WPC sem o uso de aditivos.

Considera-se que para os WPC, o teor de umidade da serragem submetida no processo de secagem, tanto no processo de peletização, quanto na extrusão, podem ser degradados alguns componentes da madeira como os carboidratos, de menor massa molecular presentes na parede celular da madeira. Os gases e o vapor de água resultante podem ser encapsulados pela matriz termoplástica durante a formação do painel favorecendo o aumento do teor de umidade dos compostos (Hosseinihashemi e Badritala, 2017).

### 6.3 Avaliação do processo de extração da resina da serragem de pinho

No processo industrial para a produção de painéis de madeira plástica, demonstrou-se que o teor de resina na madeira de pinus deterioraria o equipamento principalmente o eixo sem-fim da no processo de extrusão, dada pelas explosões, que ocorrem a temperaturas acima de 200 °C. Esse fenômeno ocorre a partir da formação de gás inflamável no interior do equipamento de extrusão e peletização (Figura 2).

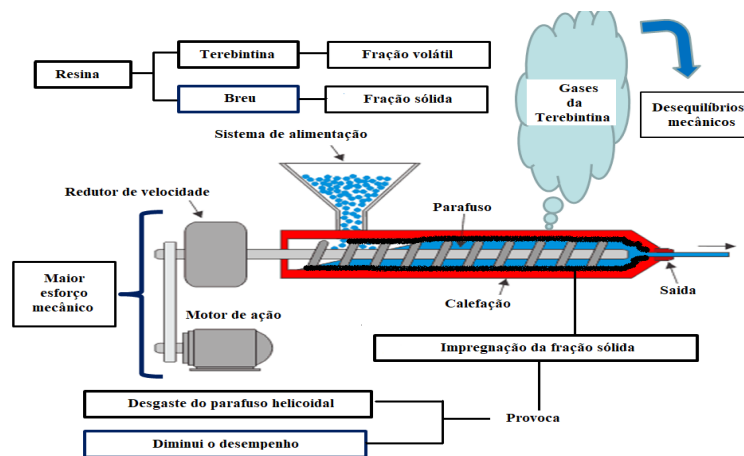


Figura 2. Efeito dos componentes da resina de *Pinus caribaea* no processo tecnológico dos painéis de madeira plástica (WPC).

Os gases inflamáveis provocados pela terebintina levam a desequilíbrios internos violentos, não apenas no equipamento, mas também afetam o processo de sinterização do painel, com a consequente deterioração na qualidade do compósito a ser produzido. As resinas dos pinus apresentam uma das principais fontes de terpenos e terpenóides, fazendo parte das substâncias extraíveis entre 3 e 4% em relação ao resto dos componentes da madeira (Essabir et al., 2017).

No processo de extração dos componentes da resina presentes na madeira de *Pinus caribaea* estão entre 3,73 a 3,90% em tolueno, entre 1,98 a 2,09% em etanol. As resinas ou óleo resinas são uma mistura de ácidos diterpênicos dissolvidos em mistura de hidrocarbonetos, dos quais é obtida uma fração volátil conhecida como óleo de aguarrás ou terebintina (16 - 20%).

Outro componente da resina como fração não volátil é conhecido como breu (64-70% da massa de resina). É obtido como resíduo sólido a partir da destilação da resina. Esse componente contribui para o desequilíbrio que ocorre durante o processo tecnológico, onde sólidos são acumulados nas paredes internas das máquinas, causando sua quebra. Dado ao maior esforço na movimentação do material pelo mecanismo interno das máquinas de peletização e extrusão, até sua saída para os respectivos moldes (Hao et al., 2018).

O processo de extração da resina não apenas promove a eficiência no fluxo de produção de madeira plástica, reduzindo a frequência de quebras no equipamento e os problemas de qualidade na formação do compósito. Segundo Keskisaari e Kärki (2018) a partir da destilação da resina obtida da serragem, é possível obter vários componentes com potencialidades de usos por outras indústrias, fechando assim o ciclo de uso de recursos de maneira sustentável.

Durante o processo foram obtidos 3,7% de extrativos, esses resultados são consistentes com o teor de extraíveis para esta espécie (*Pinus caribaea*), que varia de 3 a 4%. Esse processo de extração pode ser realizado usando outros solventes

orgânicos como tolueno, clorofórmio, benzeno e suas misturas com etanol na proporção 2:1.

## 7 | AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS TERMOPLÁSTICOS

A recuperação desses resíduos recai principalmente em empresas de recuperação de matérias-primas e coletores privados, os quais recolhem materiais pós-consumo no setor residencial, onde uma parte insuficiente desses resíduos são recuperados. Esses baixos indicadores implicam um trabalho político para aprimorar a educação comunitária e ambiental, a fim de garantir que as partes interessadas se envolvam no processo de reciclagem dessa matéria-prima, seguidas de uma remuneração que incentive a coleta.

Segundo pesquisas, muitos desses resíduos são doados ou, às vezes, queimados por algumas instituições, sendo a maioria soterrados. O manejo inadequado desses resíduos gera um impacto ambiental significativo para o meio ambiente (Ortega et al., 2019). Em decorrência, os termoplásticos podem se tornar uma parte importante no processo tecnológico de produtos florestais e madeireiros, devido à sua função como aglutinante na formação de painéis, os quais adquirem boas propriedades físicas e mecânicas dada a sua baixa porosidade e alta impermeabilidade (Horta et al., 2017).

## 8 | PROCESSOS TECNOLÓGICOS DO PAINEL DE MADEIRA PLÁSTICA

A Figura 3 mostra o processo tecnológico dos painéis de madeira plástica. A madeira é forçada pela introdução da matriz em diferentes proporções e tipos de termoplásticos, dadas suas propriedades. São exemplos de propriedades alteradas pela introdução do termoplástico: alta rigidez e dureza, alta resistência a esforços permanentes, ótimas características elétricas e dielétricas, alta resistência a agentes químicos e estabilidade a intempéries, alta resistência à dobragem e baixa absorção de umidade (Ayrilmis et al., 2015).

Além disso, podem ser adicionadas fibras de vidro e materiais lignocelulósicos, complementando-o com o uso de aditivos que podem oferecer propriedades específicas aos painéis, assim como melhorar a interfase entre as partículas de madeira e o termoplástico (Hosseinihashemi e Badritala, 2017). Essas propriedades podem ser transferidas aos painéis, os quais podem ser modificados de acordo com o tipo e sua concentração, tanto nas condições do processo quanto nas características do produto final, favorecendo o aparecimento de cores e outras propriedades que influenciam a vida útil do produto (Lopez et al., 2020).



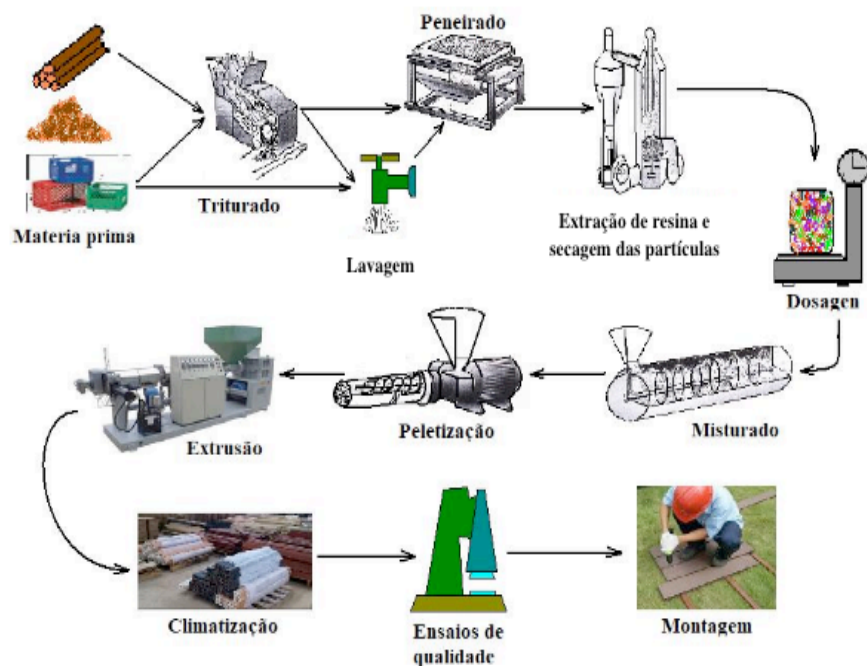


Figura 3. Procedimento para obtenção dos painéis de madeira plástica (WPC).

O procedimento de extrusão é um processo contínuo, onde o material granulado obtido no processo de peletização é introduzido na extrusora aquecida a temperaturas que podem variar entre 100 e 170 °C; o mecanismo interno permite que o material seja movimentado por um parafuso helicoidal, onde o material é aquecido, comprimido e transportado através da câmara de aquecimento. Esse material sai da matriz de extrusão com baixa rigidez, tomando a forma do molde do produto a ser obtido, desliza-se em uma bancada onde é resfriado com ar ou água, solidificando-o.

Dependendo do tamanho e da forma, eles são esticados, cortados nos comprimentos necessários e envelhecidos artificialmente para obter a resistência adequada. Durante esse processo, os painéis saem com uma textura e acabamento natural que o exonera de qualquer tinta, verniz ou outros produtos em outros painéis convencionais para melhorar o acabamento (Lopez et al., 2020).

A cor final do WPC depende em grande parte da cor da madeira e do polímero usado. Isso pode ser modificado após o processo com uma laca ou durante o processamento com um concentrado de cores que, se bem projetado, pode ter linhas de fluxo semelhantes a grã da madeira. Embora o envelhecimento para outros tipos de painéis de partículas e fibras ocorra em fornos a 200 °C por um período que varia de 4 a 8 horas, não é benéfico para os painéis de madeira plástica porque podem ser deformadas (Mrad et al., 2018).

A umidade é a mais importante na análise das causas das mudanças dimensionais da madeira e de seus produtos, no processo de resfriamento para

alcançar o fator de equilíbrio da umidade. A estabilidade dimensional do painel será alcançada assim que atingir a umidade de equilíbrio (4 a 5 dias sob condições de umidade relativa de  $75 \pm 2\%$ , temperatura de  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

## 9 | PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DO WPC

Aumentar o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas dos painéis é essencial para o desenvolvimento e aplicação na indústria madeireira. Seus conhecimentos enriquecem as informações técnicas sobre eles, que favorece a tomada de decisão sobre o uso da indústria (Ortega et al., 2018). O controle de cada uma das propriedades físicas e mecânicas garante a qualidade do produto para um uso específico. A tabela 1 mostra os valores médios dos testes físico-mecânicos avaliados.

Tratamentos	CH (%)	D (kg/m <sup>3</sup> )	ABA 72h	H (%)	F (Mpa)	C (Mpa)	T (Mpa)
Testemunha	5,26	1020	0,61	0,31	15,20	120,12	20,3
T 1	5,58	1022	0,60	0,30	15,24	120,23	21,3
T 2	5,55	1025	0,60	0,30	15,28	124,30	22,7
T 3	5,42	1027	0,50	0,28	15,25	126,16	23,4
T 4	4,54	1041	0,44	0,25	16,25	132,24	24,4
T 5	4,35	1045	0,31	0,20	16,41	136,32	26,2
T 6	4,13	1052	0,22	0,16	17,52	138,10	28,3

Tabela 1. Valores médios para as propriedades físico-mecânicas do WPC

CH: Conteúdo de umidade; D: Densidade; ABA: Absorção de água; H: Inchamento; F: Flexão; C: Compressão; T: Tração.

Como pode ser observado em cada uma das propriedades físico-mecânicas pode-se estimar que as dosagens de aditivos químicos não são significativas para as propriedades avaliadas, uma vez que os resultados obtidos nos tratamentos em que não foram utilizados aditivos, obtiveram bons resultados.

É importante ressaltar que os aditivos químicos utilizados no processo tecnológico dos painéis de madeira plástica podem contribuir para a formação das mesmas, além de atribuir propriedades específicas de acordo com suas funções. As investigações desenvolvidas para esse tipo de painel permitem corroborar que a aplicação de aditivos químicos não é necessária para obter painéis com boas propriedades físicas e mecânicas (Hao et al., 2018).

Entre as propriedades físicas, a densidade é um indicador favorável que determina respostas desejáveis dos painéis. A qualidade é maior naquela cuja densidade é maior, no caso dos painéis de madeira plástica produzidas nesta pesquisa, todos os tratamentos mostraram densidade superior a  $1000 \text{ kgm}^{-3}$ , isso

garante que possam ser utilizados em diferentes condições na construção civil. As características diferem bastante em relação aos painéis convencionais, que possuem densidades mais baixas (em torno de 700 kg/m<sup>3</sup>) e seus usos são limitados.

Os resultados mostram que a densidade aumentou à medida que as dosagens termoplásticas aumentaram, variando de 1020 a 1052 kg/m<sup>3</sup>. Valores semelhantes foram relatados por diferentes pesquisadores, para compostos termoplásticos e serragem de diferentes espécies fabricadas por moldagem por injeção, extrusão e compressão.

Chaudemanche et al. (2018) relataram painéis com 1100 kg/m<sup>3</sup> para diferentes dosagens de matéria-prima e de madeira plástica usando polipropileno reciclado (PP) mais 50% de fibras de madeira de coníferas com 4% de aditivos químicos por moldagem por injeção.

Outros mostraram painéis com valores de densidade de 1029 kg/m<sup>3</sup> de polietileno de alta densidade (HDPE), mais 50% de serragem de *Pinus radiata* e 5% de aditivos químicos através de moldagem por compressão. Bem como valores de densidade de 1080 kg/m<sup>3</sup> de polietileno de alta densidade (HDPE) mais 50% de serragem de coníferas sem aditivos por moldagem por extrusão (Aguilar et al 2018).

No entanto, os painéis obtidos nesta pesquisa apresentaram valores semelhantes e, em alguns casos superiores aos resultados de alguns pesquisadores mencionados acima, além disso, demonstram a viabilidade do design tecnológico proposto, bem como os tratamentos realizados em cada uma das matérias-primas utilizadas.

## 10 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos industriais, como serragem e termoplástico pós-consumo, são uma fonte significativa de matéria-prima para a indústria de painéis de madeira plástica (WPC). Seu uso contribui não apenas para mitigar os graves efeitos causados ao meio ambiente, mas também para a conversão em compósito útil para construção civil com boa resistência a intempéries, devido à suas propriedades físico-mecânicas.

O processo tecnológico proposto garante a produção de painéis de madeira plástica de alta qualidade. Isso associado ao tratamento na madeira de *Pinus caribaea* no processo de extração da resina, possibilita a proteção do equipamento no processo produtivo e garante a sintetização do painel.

## REFERÊNCIAS

Aguilar, M.; Vilaseca, F.; Tarrés, Q.; Julián, F.; Mutjé, P.; Espinach, F.X. **Extending the value chain of corn agriculture by evaluating technical feasibility and the quality of the interphase of chemo-thermomechanical fiber from corn stover reinforced**

**polypropylene biocomposites.** Composites Part B: Engineering, v. 137, p. 16-22. 2018.

Ayrilmis, N.; Kaymakci, A.; Güleç, T. **Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite.** Industrial Crops and Products, v. 74, p. 279-284. 2015.

Chaudemanche, S.; Perrot, A.; Pimbert, S.; Lecompte, T.; Faure, F. **Properties of an industrial extruded HDPE-WPC: The effect of the size distribution of wood flour particles.** Construction and Building Materials, v. 162, p. 543-552. 2018.

Essabir, H.; Bensalah, M.O.; Rodrigue, D.; Bouhfid, R.; Qaiss, A. **A comparison between bio- and mineral calcium carbonate on the properties of polypropylene composites.** Construction and Building Materials, v. 134, p. 549-555. 2017.

Hao, X.; Zhou, H.; Xie, Y.; Mu, H.; Wang, Q. **Sandwich-structured wood flour/HDPE composite panels: Reinforcement using a linear low-density polyethylene core layer.** Construction and Building Materials, v. 164, p. 489-496. 2018.

Horta, J.F.; Simões, F.J.; Mateus, A. **Study of Wood-Plastic Composites with Reused High Density Polyethylene and Wood Sawdust.** Procedia Manufacturing, v. 12, p. 221-229. 2017.

Hosseinihashemi, S.; Badritala, A. **The Influence of a Treatment Process on the Reaction to Water of Durable and Water Resistant Wood/Plastic Composites.** Drewno, v. 60, n. 200, p. 21-34. 2017.

Kaboorani, A. **Characterizing water sorption and diffusion properties of wood/plastic composites as a function of formulation design.** Construction and Building Materials, v. 136, p. 164-172. 2017.

Keskisaari, A.; Kärki, T. **The use of waste materials in wood-plastic composites and their impact on the profitability of the product.** Resources, Conservation and Recycling, v. 134, p. 257-261. 2018.

Liang, J.Z. **Tensile and flexural properties of polypropylene composites filled with highly effective flame retardant magnesium hydroxide.** Polymer Testing, v. 60, p. 110-116. 2017a.

Liang, J.Z. **Impact fracture toughness and flow properties of polypropylene composites.** Polymer Testing, v. 60, p. 381-387. 2017b.

Lopez, Y.M.; Paes, J.B.; Gustave, D.; Gonçalves, F. G.; Mendez, F.C.; Nantet, A.C.T. **Production of wood-plastic composites using cedrela odorata sawdust waste and recycled thermoplastics mixture from post-consumer products - A sustainable approach for cleaner production in Cuba.** Journal of Cleaner Production, v. 244, 118723. 2020.

Machado, J.; Santos, S.; Pinho, F.; Luís, F.; Alves, A.; Simões, R.; Rodrigues, J.C. **Impact of high moisture conditions on the serviceability performance of wood plastic composite decks.** Materials & Design, v. 103, p. 122-131. 2016.

Mrad, H.; Alix, S.; Migneault, S.; Koubaa, A.; Perréc, P. **Numerical and experimental assessment of water absorption of wood-polymer composites.** Measurement, v. 115, p. 197-203. 2018.

Migneault, S.; Koubaa, A.; Perré, P.; Riedl, B. **Effects of wood fiber surface chemistry on strength of wood-plastic composites**. Applied Surface Science, v. 343, p. 11-18. 2015.

Moreno, D.D.; Saron, C. **Low-density polyethylene waste/recycled wood composites**. Composite Structures, v. 176, p. 1152-1157. 2017.

Najafi, S. **Use of recycled plastics in wood plastic composites – A review**. Waste Management, v. 33, n. 9, p. 1898-1905. 2013.

Ortega, H.O.; Llop, M.F.; Espinach, F.X.; Tarrés, Q.; Ardanuy, M.; Mutjé, P. **Study of the flexural modulus of lignocellulosic fibers reinforced bio-based polyamide11 green composites**. Composites Part B: Engineering, v. 152, p. 126-132. 2018.

Ortega, H. O.; Julian, F.; Espinach, F.X.; Tarrés, Q.; Ardanuy, M.; Mutjé, P. **Research on the use of lignocellulosic fibers reinforced bio-polyamide 11 with composites for automotive parts: Car door handle case study**. Journal of Cleaner Production, v. 226, p. 64-73. 2019.

## ATIVIDADE ANTIMICROBIANA E MODULADORA DE *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* DEHN FRENTE À LINHAGENS MULTIRRESISTENTES DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

Data de aceite: 12/05/2020

Data de submissão: 05/03/2020

### **Gil Sander Próspero Gama**

Universidade Federal do Piauí, Campus Prof. Cinobelina Elvas, Colegiado do Curso de Engenharia Florestal, Bom Jesus, PI.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/5001633166152524>

### **Samuel de Barros Silva**

Universidade Federal do Piauí, Campus Prof. Cinobelina Elvas, Colegiado do Curso de Engenharia Florestal, Bom Jesus, PI.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/6019672409838265>

### **Raizza Eveline Escórcio Pinheiro**

Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, Curso de Medicina Veterinária, Teresina, PI.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/6571307287000378>

### **João Sammy Nery de Souza**

Universidade Federal do Piauí, Campus Ministro Petrônio Portella, Curso de Química Industrial, Teresina, PI.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/9712456150235877>

### **Thiago Pereira Chaves**

Universidade Federal do Piauí, Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, Colegiado do Curso de Ciências Biológicas, Picos, PI.  
CV: <http://lattes.cnpq.br/7562036066179965>

multirresistentes têm elevado os índices de mortalidade em todo o mundo, o que tem levado pesquisadores a buscar novas alternativas terapêuticas. Espécies do gênero *Eucalyptus* são conhecidas por produzirem substâncias com ação antimicrobiana. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a atividade antimicrobiana e moduladora do extrato etanólico de *E. camaldulensis* Dehn, frente a cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a antibióticos beta-lactâmicos. O extrato etanólico foi obtido a partir da maceração das folhas secas de *E. camaldulensis* com etanol absoluto. A concentração Inibitória Mínima (CIM) do extrato foi determinada pelo método de microdiluição em caldo utilizando microplacas de 96 poços. A CIM dos antibióticos foi realizada utilizando-se o mesmo método, na presença e ausência do extrato vegetal. Constatou-se que, o extrato etanólico desta espécie não apresentou atividade antibacteriana (CIM > 1000 µg mL<sup>-1</sup>) quando testado isoladamente. Quando associado aos fármacos beta-lactâmicos, o mesmo potencializou suas ações, frente às cepas testadas, com exceção da ceftriaxona para *S. aureus* 23 e da cefuroxima para *S. aureus* MED 55. Este resultado sugere que o extrato avaliado tem capacidade de modificação e redução da resistência bacteriana. Deste

**RESUMO:** Infecções provocadas por patógenos

modo, observa-se que o extrato pode representar uma nova fonte de compostos bioativos úteis para o tratamento de infecções por *S. aureus*. Entretanto, estudos posteriores devem ser realizados com uma variedade maior de cepas resistentes, além da utilização de outros fármacos para uma compreensão dos mecanismos de ação entre os compostos e sua posterior utilização na indústria farmacêutica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resistência bacteriana, produtos naturais, atividade biológica.

## ANTIMICROBIAL AND MODULATORY ACTIVITY OF *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* DEHN AGAINST MULTIRESISTANT STRAINS OF *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*

**ABSTRACT:** Infections caused by multiresistant pathogens have raised mortality rates worldwide, prompting researchers to seek new therapeutic alternatives. Species of the genus *Eucalyptus* are known to produce substances with antimicrobial action. Thus, the objective of this research was to evaluate the antimicrobial and modulatory activity of the ethanolic extract of *E. camaldulensis* Dehn, against strains of *Staphylococcus aureus* resistant to beta-lactam antibiotics. The ethanolic extract was obtained from the maceration of the dry leaves of *E. camaldulensis* with absolute ethanol. The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of the extract was determined by the broth microdilution method using 96-well microplates. The MIC of the antibiotics was carried out using the same method, in the presence and absence of the plant extract. It was verified that, the ethanolic extract of this species did not present antibacterial activity (MIC > 1000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). When it was associated with beta-lactam drugs, it potentiated its actions against the strains tested, with the exception of ceftriaxone for *S. aureus* 23 and cefuroxime for *S. aureus* MED 55. This result suggests that the extract evaluated has the ability to modify and reduce bacterial resistance. Thus, it is noted that the extract may represent a novel source of bioactive compounds useful for the treatment of *S. aureus* infections. However, further studies should be carried out with a larger variety of resistant strains, as well as the use of other drugs for an understanding of the mechanisms of action between the compounds and their subsequent use in the pharmaceutical industry.

**KEYWORDS:** Bacterial resistance, natural products, Biological activity.

### 1 | INTRODUÇÃO

A descoberta dos antibióticos se caracterizou como um marco muito importante para a medicina, pois diminuiu de forma drástica as taxas de mortalidade causadas por doenças infecciosas. No entanto, o uso destes medicamentos de forma indiscriminada gerou outro grande problema para a saúde pública: o surgimento de microrganismos resistentes (KUMAR, SCHWEIZER, 2005).

A terapia antibacteriana baseada na automedicação, a qual geralmente é realizada de maneira inadequada, tem sido um dos principais fatores que contribuem para o agravamento desse problema. Em muitos casos um fármaco antibacteriano é utilizado contra um patógeno para o qual não é indicado. Em outros casos o tratamento é prolongado ou abreviado. Essas práticas elevam substancialmente as chances do surgimento de micro-organismos resistentes (LIVERMORE, 2003).

A descoberta de novos fármacos capazes de combater os mutantes resistentes não é tão rápida quanto o surgimento da resistência bacteriana, o que significa que é necessária uma intensificação na busca por novas substâncias eficazes, para a sua inserção nas terapias contra estes patógenos (WHO, 2012).

Os mecanismos de resistência desenvolvidos pelos microrganismos incluem a redução da permeabilidade da parede celular, alteração dos sítios alvos dos antibióticos, expulsão das substâncias através de bombas de efluxo e inativação das drogas por meio da produção de enzimas (BARBOSA, LEVY, 2000). Um dos principais mecanismos é a produção de betalactamases (SANDERS, SANDERS, 1992), enzimas que quebram a estrutura química de fármacos antimicrobianos beta-lactâmicos, inativando-os (MACEDO et al., 2005).

A utilização de produtos de origem vegetal tem se mostrado como uma forte estratégia para diminuir esta resistência. Isso porque metabólitos secundários vegetais têm a capacidade de interferir na célula bacteriana interferindo em seus mecanismos de ação (SILVA, 2010). Por ser uma mistura de substâncias bioativas, extratos vegetais tem a capacidade de atuar através diversos mecanismos de ação simultaneamente, dificultado o surgimento de resistência (MATIAS et al., 2013).

Além do uso de extratos vegetais, o uso conjunto de produtos naturais e fármacos sintéticos vem sendo cada vez mais testado por diversos pesquisadores em todo o mundo, pois esta associação pode modificar a resistência microbiana e vem mostrando resultados satisfatórios (COUTINHO et al., 2010; CHAVES et al., 2016).

Uma espécie promissora para estudos bioprospectivos é *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, árvore nativa da Austrália, porém amplamente cultivada no Brasil (MORA, GARCIA, 2000). Pertencente à família Myrtaceae, é uma espécie bastante utilizada na medicina popular no tratamento de inflamações de garganta, tosses e diarreias (DIBAX, 2004; AL-DOURI, AL-ESSA, 2010; MONTANI, 2012).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade antimicrobiana e moduladora do extrato etanólico de *E. camaldulensis* Dehn, frente a cepas de *Staphylococcus aureus* multirresistentes.



## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### Obtenção do material vegetal

As folhas de *E. camaldulensis* foram coletadas na zona rural da cidade de Bom Jesus, Sul do estado do Piauí, Brasil. Foi feita uma exsicata, a qual foi depositada no herbário Graziela Barroso Universidade Federal do Piauí, *Campus* Ministro Petrônio Portella, em Teresina-PI, com número 28.835.

### Preparação do extrato

O material vegetal foi dessecado em estufa de circulação de ar a 40°C e posteriormente triturado para a obtenção de um pó fino. Após esta etapa, foi submetido ao processo de extração por maceração com etanol absoluto por cinco dias à temperatura ambiente ( $25 \pm 3$  °C), na proporção 200 g da planta para 1000 mL de solvente. Em seguida, a mistura foi filtrada. Após a filtragem, o extrato foi concentrado em evaporador rotativo a 40°C obtendo-se o Extrato Etanólico Bruto (EEE<sub>c</sub>).

#### Ensaio Microbiológicos

Foram utilizados isolados clínicos multirresistentes de *Staphylococcus aureus*: *S. aureus* 29 - produtora de  $\beta$ -lactamase (penicilinase) (resistente a penicilinas); *S. aureus* 55 (MRSA) - portador do gene *mecA* (resistente a antibióticos beta-lactâmicos). As cepas bacterianas foram mantidas em tubos com inclinações de Ágar Mueller-Hinton, sendo, antes dos ensaios, cultivadas a 37 °C por 24 horas, em placas com o mesmo meio de cultura.

### Determinação da concentração Inibitória Mínima

A concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada pelo método de microdiluição em placas de 96 cavidades (CLSI, 2012), usando caldo Mueller-Hinton. Colônias dos microrganismos foram suspensas em solução salina 0,9%, até atingirem a turbidez correspondente ao tubo 0,5 da escala de Mac-Farland. Foram realizadas diluições seriadas em um intervalo de concentrações entre 1000 e  $3,9 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Posteriormente, as placas foram incubadas a  $37 \pm 1$  °C durante 24 h. O crescimento bacteriano foi indicado pela adição de 20  $\mu\text{L}$  de solução aquosa de resazurina a 0,01 %, com nova incubação a  $37 \pm 1$  °C durante 2 h. A CIM foi definida como a menor concentração onde não houve crescimento microbiano visível. Os ensaios foram realizados em triplicata.

## Modulação da Resistência Microbiana

A avaliação dos produtos naturais como moduladores da resistência a antibióticos foi realizada de acordo com Coutinho et al. (2010). Foram utilizados antibacterianos beta-lactâmicos (ceftriaxona, cefuroxima, cefalexina e amoxicilina), os quais tiveram suas CIMs determinadas na presença e na ausência dos produtos naturais em concentrações sub-inibitórias (CIM/8). A concentração dos antibióticos variou entre 1000 e 0,01  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . As placas foram incubadas como descrito anteriormente e cada ensaio foi realizado em triplicata.

## Análise Estatística

Os valores obtidos foram expressos em média geométrica e submetidos à análise de variância ANOVA (Two Way) seguido do pós-teste de Bonferroni adotando os níveis de significância estatística  $p < 0,05$ .

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato, quando avaliado isoladamente, não apresentou atividade antibacteriana significativa (CIM > 1000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Dados presentes na literatura corroboram estes resultados. Em estudos realizados por Behbahani et al., (2013), os valores de CIM do extrato etanólico das folhas de *E. camaldulensis* foram de 2000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . De maneira similar, Abubakar (2010) também encontrou valores de CIM superiores a 1000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

Estudos com este mesmo tipo de extrato são escassos na literatura, porém, testes realizados outros tipos de extratos revelam variações de resultados. O extrato metanólico das folhas da espécie, resultaram em inibição do crescimento bacteriano de isolados clínicos provenientes de infecções gastrointestinais, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella typhi* (ADENIYI, AYEPOLA, 2008). Extratos hidroalcoólicos desta planta também apresentaram ação antimicrobiana contra microrganismos da boca humana (GAMBATO et al., 2014). Quando a essência avaliada foi seu óleo, demonstrou atividade frente a cepas de *Staphylococcus aureus* (AKIN et al., 2010).

Esta variação de resultados está relacionada com o tipo de solvente utilizado na preparação dos extratos, assim como a origem do material vegetal e as condições ambientais do local onde esse material foi obtido. Chaves et al. (2013), mostram que a sanidade da planta, o horário e a época de coleta das plantas podem interferir na composição química e concentração dos compostos ativos.

Estudos sobre a composição geral de substâncias de extrato de *E. camaldulensis*, demonstram que o mesmo apresenta diversas substâncias com potencial atividade biológica como, fenóis, taninos, xantonas, saponinas, alcaloides, triterpenóides, entre outros (SANTANA, 2015). Avaliações a partir do seu extrato hidroalcoólico também demonstraram a presença de alguns destes compostos como, taninos, saponinas e flavonoides (GAMBATO et al., 2014). El-Ghorab et al., (2003), realizaram uma separação das substâncias presentes neste tipo de extrato das folhas de *E. camaldulensis*, os quais obtiveram como resultado, como sendo substâncias predominantes, o ácido gálico e o elágico, a quem eles atribuíram o potencial antioxidante resultante de seu estudo.

Quando associado aos antibióticos avaliados, o extrato possibilitou a potencialização da ação antimicrobiana dos fármacos, em ambas as cepas testadas, com exceção da ceftriaxona, quando testado com a cepa de *S. aureus* 23 (figura 1) e da cefuroxima com a *S. aureus* MED 55 (figura 2). As CIMs de todos os outros antimicrobianos foram potencializadas, quando combinados ao produto vegetal.

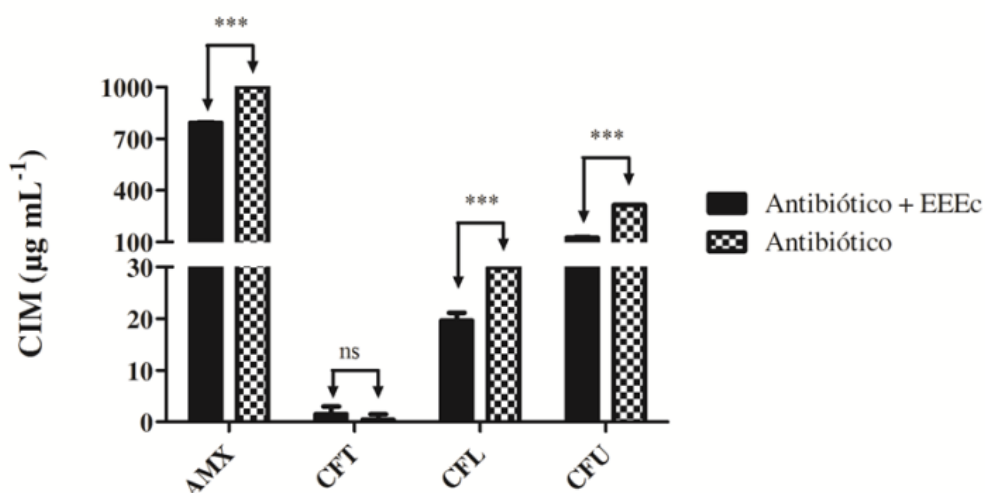


Figura 1. Atividade moduladora do extrato etanólico de *E. camaldulensis* frente a cepa resistente de *Staphylococcus aureus* 29 sobre antibióticos beta-lactâmicos.

Diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ). ns - Diferença estatisticamente não significativa. AMX - amoxicilina; CFT – ceftriaxona; CFL – cefalexina; CFU – cefuroxima.

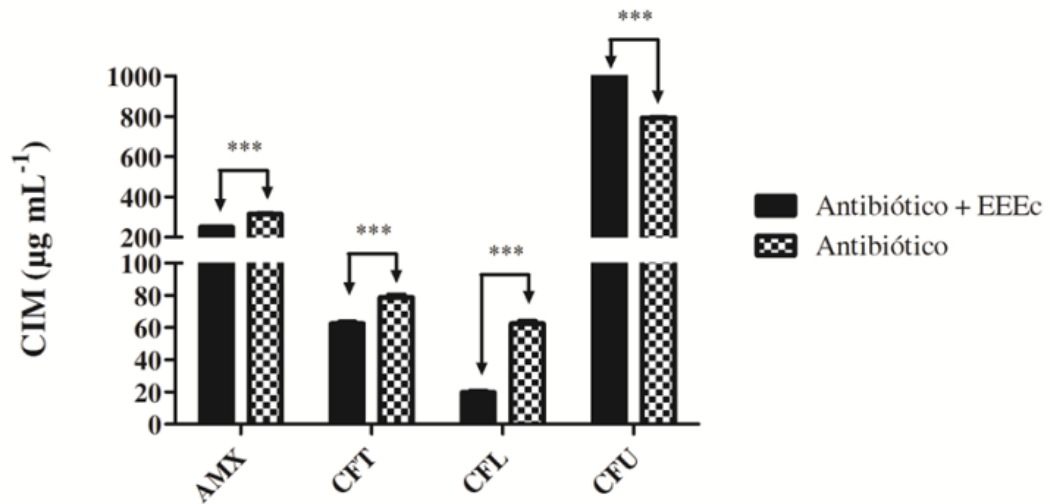


Figura 2. Atividade moduladora do extrato etanólico de *E. camaldulensis* frente a cepa resistente de *Staphylococcus aureus* MED 55 (MRSA) sobre antibióticos beta-lactâmicos.

Diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ). ns - Diferença estatisticamente não significativa. AMX - amoxicilina; CFT – ceftriaxona; CFL – cefalexina; CFU – cefuroxima.

Os beta-lactâmicos são a classe de antimicrobianos mais prescrita em todo o mundo e caracterizam-se por apresentar em sua estrutura o anel  $\beta$ -lactâmico. Este é responsável pela atividade dos fármacos, que atuam na inibição da síntese da parede celular bacteriana, através da ligação do antimicrobiano com as proteínas ligadoras de penicilina (PBP - penicillin binding protein) as quais agem na síntese de peptidoglicano presente na parede (BRUNTON, 2012). A função da parede celular é manter a integridade celular, e caso esta estrutura esteja comprometida, as bactérias ficam susceptíveis a uma lise osmótica, visto que a osmolaridade no interior da célula bacteriana é substancialmente mais elevada que o meio externo (TENOVER, 2006).

De maneira similar a grande parte dos antimicrobianos, existem três mecanismos primários de resistência que inativam os antimicrobianos beta-lactâmicos. O primeiro se dá através da ação de enzimas  $\beta$ -lactamases, as quais realizam a hidrólise do anel  $\beta$ -lactâmico antes que o fármaco alcance o sítio alvo. O segundo mecanismo é o desenvolvimento de transpeptidases de parede celular insensíveis a  $\beta$ -lactâmicos e o mecanismo final é dificultar o acesso do antibiótico ao alvo por meio de alteração de permeabilidade ou a expulsão ativa por bomba de efluxo (WILKE et al., 2005).

Uma alternativa para combater a resistência bacteriana reside na combinação de antibióticos e substâncias adjuvantes que, apesar de apresentem pouca ou nenhuma atividade antimicrobiana, atuam para bloqueando mecanismos de resistência ou aumentar a ação antibiótica (BUSH; BRADFORD, 2016; TYERS; WRIGHT, 2019)

Embora haja escassez de trabalhos que façam esse tipo de associação utilizando extrato de *E. camaldulensis* e antimicrobianos, foi observado que o óleo essencial desta espécie potencializou a atividade de antibióticos beta-lactâmicos (CHAVES et al., 2018). Combinações de extratos de outras espécies do gênero *Eucalyptus* e antimicrobianos foram testadas e apresentaram resultados promissores. Testes realizados por Pereira et al. (2014), mostraram que associações entre diferentes extratos de *E. globulus* e gentamicina obtiveram efeito sinérgico em mais de 50% dos testes.

Estudos fitoquímicos anteriores com *E. camaldulensis* demonstraram a presença de compostos como ácido gálico e ácido elágico (EL-GHORAB, 2003). Em testes *in vitro*, foi demonstrado que o ácido gálico potencializou a atividade de antimicrobianos de diferentes classes, entre elas a dos  $\beta$ -lactâmicos (CHAVES et al., 2016). Este produto natural tem a capacidade de desestruturar a membrana celular bacteriana alterando sua permeabilidade (BORGES et al., 2013). O ácido elágico apresenta atividade antimicrobiana em virtude de sua capacidade de inibir a atividade da DNA girase, interferindo diretamente no processo de replicação do DNA (WEIDNERWELLS et al., 1998).

#### 4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que o extrato etanólico de *E. camaldulensis* não apresentou atividade antibacteriana significativa sobre as cepas testadas. No entanto, ao ser associado a antibióticos  $\beta$ -lactâmicos, potencializou a atividade deles na maioria dos ensaios. *E. camaldulensis* pode representar uma nova fonte de compostos bioativos úteis para o tratamento de infecções por *S. aureus*.

#### REFERÊNCIAS

- ABUBAKAR, E. M. Antibacterial potential of crude leaf extracts of *Eucalyptus camaldulensis* against some pathogenic bacteria. **African Journal of Plant Science**. v. 4, p. 202-209, 2010.
- ADENIYI, B. A., AYEPOLA, O. O. The Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Leaf Extracts of *Eucalyptus camaldulensis* and *Eucalyptus torelliana* (Myrtaceae). **Research Journal of Medicinal Plant**. v. 2, p. 34-38, 2008.
- AL-DOURI, N. A.; AL-ESSA, L. Y. A survey of plants used in Iraqi traditional medicine. **Jordan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 3, n. 2, p. 100-108, 2010.
- AKIN, M.; AKTUMSEK, A.; NOSTRO, A. Antibacterial activity and composition of the essential oils of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Myrtus communis* L. growing in Northern Cyprus. **African Journal of Biotechnology**. v. 9, p. 531-535, 2010.
- BARBOSA, T. M.; LEVY, S. B. The impact of antibiotic use on resistance development and persistence. **Drug resistance updates**. v. 3, n. 5, p. 303-311, 2000.

- BEHBAHANI, B. A., YAZDI, F. T., MORTAZAVI, A., ZENDEBOODI, F., GHOLIAN, M. M., VASIEE, A. Effect of aqueous and ethanolic extract of *Eucalyptus camaldulensis* L. on food infection and intoxication microorganisms “in vitro”. **Journal of Paramedical Sciences**. v. 4, n. 3, p. 2008-4978, 2013.
- BORGES, A.; FERREIRA, C.; SAAVEDRA, M. J.; SIMÕES, M. Antibacterial Activity and Mode of Action of Ferulic and Gallic Acids Against Pathogenic Bacteria. **Microb Drug Resist**. v. 4, p. 256–65, 2013.
- BRUNTON, L. L.; GOODMAN & GILMAN: **As Bases Farmacológicas da Terapêutica**. 12. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2012.
- BUSH, K.; BRADFORD, P. A.  $\beta$ -Lactams and  $\beta$ -lactamase inhibitors: an overview. **Cold Spring Harbor perspectives in medicine**, p. a025247, 2016.
- CHAVES, T. P. et al. Evaluation of the Interaction between the *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz Extract and Antimicrobials Using Biological and Analytical Models. **Plos One**, DOI:10.1371/journal.pone.0155532, v.11, 2016.
- CHAVES, T. P.; SANTANA, C. P.; VÉRAS, G.; BRANDÃO, D. O.; FELISMINO, D. C.; MEDEIROS, A. C. D.; TROVÃO, D. M. B. M. Seasonal variation in the production of secondary metabolites and antimicrobial activity of two plant species used in Brazilian traditional medicine. **African Journal of Biotechnology** v. 12, n. 8, pp. 847-853, 2013.
- CHAVES, T. P.; PINHEIRO, R. E. E.; MELO, E. S.; SOARES, M. J. S.; SOUZA, J. S. N.; ANDRADE, T. B.; LEMOS, T. L. G.; COUTINHO, H. D. M. Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn potentiates  $\beta$ -lactam activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* resistant strains. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 70-74, 2018.
- CLSI – Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012. **Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing**. Twenty-Second Informational Supplement. 9. ed. Document M100–S22. Pensilvania, USA: NIH.
- COSTA, A. L. P., SILVA JÚNIOR, A. C. S. Resistência bacteriana aos antibióticos e saúde pública: uma breve revisão de literatura. **Estação Ciência (UNIFAP)**, Macapá. v. 7, n. 2, p. 45-57, 2017.
- COUTINHO, H. D. M. et al. In vitro additive effect of *Hyptis martiusii* in the resistance to aminoglycosides of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Pharmaceutical biology**, v. 48, n. 9, p. 1002-1006, 2010.
- DIBAX, R. **Regeneração de plantas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. a partir das folhas cotiledonares**. 2004. 5f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade do Paraná, Curitiba.
- EL-GHORAB, A. H., EL-MASSRY, K. F., MARX, F., FADEL, H. M. Antioxidant activity of Egyptian *Eucalyptus camaldulensis* var. *brevirostris* leaf extracts. **Nahrung/Food**. v. 47, n. 1, p. 41 – 45, 2003.
- GAMBATO, G.; SALVADOR, M.; ELY, M. R.; SOUZA, K. C. B.; ANGELI, V. W. Extrato hidroalcoólico de *Eucalyptus camaldulensis* como ativo fitoquímico no desenvolvimento de dentífricos. **Rev. Bras. Farm.** v. 95, p. 580 – 594, 2014.
- KUMAR, A., SCHWEIZER, H. P. Bacterial resistance to antibiotics: Active efflux and reduced uptake. **Adv Drug Deliv Rev**, v. 57, p. 1486-1513, 2005.
- LIVERMORE, D. M. Bacterial resistance: origins, epidemiology, and impact. **Clinical infectious diseases**, v. 36, n. 1, p. S11-S23, 2003.

- MACEDO, M. L. A. P.; CARTAXO, R. S.; ALMEITA, T. C. C.; SOUZA, L. B. S.; SANTANA, W. J.; COUTINHO, H. D. M. Mechanisms of resistance and detection of beta-lactamases. **Ciênc. Biol. Saúde**. Londrina, PR, v. 7, n. 1, p. 59-63, 2005.
- MATIAS, E. F., SANTOS, K. K., FALCÃO-SILVA, V. S., SIQUEIRA-JÚNIOR, J. P., COSTA, J. G., & COUTINHO, H. D. Modulation of the norfloxacin resistance in *Staphylococcus aureus* by *Cordia verbenaceae* DC. **The Indian Journal of Medical Research**, n. 1, p. 178, 2013.
- MORA, A. L., GARCIA, C. H. **Eucalypt cultivation in Brazil**. 1. ed. São Paulo: Sociedade brasileira de silvicultura, 2000, 23p.
- MONTANI, M. C. **Uso medicinal de plantas entre descendientes huarpes en la comunidad de lagunas del rosario (Mendoza, Argentina)**. 2012. Disponível em: <[http://www.academia.edu/3625377/Uso\\_medical\\_de\\_plantas\\_entre\\_descendientes\\_huarpes\\_en\\_la\\_comunidad\\_de\\_Lagunas\\_del\\_Rosario\\_Mendoza\\_Argentina](http://www.academia.edu/3625377/Uso_medical_de_plantas_entre_descendientes_huarpes_en_la_comunidad_de_Lagunas_del_Rosario_Mendoza_Argentina)>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- PEREIRA, V., DIAS, C., VASCONCELOS, M. C., ROSA, E., SAAVEDRA, M. J. Antibacterial activity and synergistic effects between *Eucalyptus globulus* leaf residues (essential oils and extracts) and antibiotics against several isolates of respiratory tract infections (*Pseudomonas aeruginosa*). **Industrial crops and products**. v. 52, p. 1-7, 2014.
- SANTANA, J. S.; SOUZA, J. S. N. **Estudo da composição química do extrato etanólico das folhas de *Eucalyptus* sp. na região Sul do Piauí**. 2015. Disponível em: <[http://sis.ufpi.br/24sic/documentos/resumos/modalidade/exatas/Jardson\\_de\\_Souza\\_Santana.pdf](http://sis.ufpi.br/24sic/documentos/resumos/modalidade/exatas/Jardson_de_Souza_Santana.pdf)>. Acesso em: 22 de jan. 2019.
- SANDERS, C. C.  $\beta$ -Lactamases of gram-negative bacteria: new challenges for new drugs. **Clinical Infectious Diseases**, v. 14, n. 5, p. 1089-1099, 1992.
- SILVA, N. C. C. **Estudo comparativo da ação antimicrobiana de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais e sinergismo com drogas antimicrobianas**. 2010. 5f. Dissertação (Mestrado em Biologia Aplicada) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SOUTO, I. C. C.; FERREIRA, J. L. S.; OLIVEIRA, H. M. B. F.; ALVES, M. A. S. G.; FILHO, A. A. O. Atividades farmacológicas do monoterpeno 1,8-cineol: um *estudo in silico*. **Rev. Bras. Educação e Saúde**. v.6, n.3, p.26-28, 2016.
- TENOVER, F. C. Mechanisms of antimicrobial resistance in bacteria. **American journal of infection control**, v. 34, n. 5, p. S3-S10, 2006.
- TYERS, M.; WRIGHT, G. D. Drug combinations: a strategy to extend the life of antibiotics in the 21st century. **Nature Reviews Microbiology**, v. 17, n. 1, p. 141-155, 2019.
- WILKE, M. S.; LOVERING, A. L.; STRYNADKA, N. C. J.  $\beta$ -Lactam antibiotic resistance: a current structural perspective. **Current opinion in microbiology**, v. 8, n. 5, p. 525-533, 2005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The evolving threat of antimicrobial resistance**: options for action. WHO, 2012, 2p.
- WEIDNER-WELLS MA, ALTOM J, FERNANDEZ J, FRAGA-SPANO SA, HILLIARD J, OHEMENG K, BARRETT JF. DNA gyrase inhibitory activity of ellagic acid derivatives. **Bioorg. Med. Chem. Lett.** v. 8, p. 97-100, 1998.

## **SOBRE A ORGANIZADORA:**

**CRISTINA ALEDI FELSEMBURGH-** Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2003), obteve seu mestrado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2006) e Doutorado em Ecologia Aplicada pela Universidade de São Paulo (2009). 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. Atualmente a autora tem se dedicado aos projetos voltados à área de Ecologia Aplicada. Contato: [crisalefel@gmail.com](mailto:crisalefel@gmail.com)



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adubação 7, 48, 49, 52, 53

Altura 1, 2, 4, 11, 13, 16, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 53, 65, 67, 68, 69, 73, 76, 77, 78, 95, 99, 114, 119, 122, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Arborização urbana 85, 86, 87, 90, 91, 93, 101, 102

### B

Bacias hidrográficas 103, 104, 105, 111

Bioativos 156, 162

Biodiversidade 15, 24, 25, 31, 33, 36, 44, 47, 65, 66, 70, 80, 81, 85, 87, 90, 165

Biomassa 25, 55, 56, 84, 121

### C

Cerrado 57, 66, 73, 74, 75, 77, 87, 106, 139

Cobertura Vegetal 2, 14, 15, 54, 92, 95, 97, 98, 99, 101, 113, 118

Conservação 2, 3, 11, 15, 22, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 36, 37, 44, 47, 54, 64, 66, 69, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 101

Crescimento 5, 26, 29, 30, 33, 34, 35, 39, 40, 42, 45, 46, 52, 53, 54, 58, 62, 69, 72, 76, 77, 87, 93, 94, 98, 119, 120, 121, 127, 138, 139, 158, 159

### D

Diâmetro 2, 11, 13, 16, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 50, 52, 53, 65, 67, 68, 69, 73, 76, 77, 78, 114, 122, 130

### E

Enraizamento 56, 57, 58, 63

Estrutura Horizontal 2, 3, 11, 13, 16, 21

Extração de madeira 31, 118

Extratos Vegetais 157

### F

Famílias botânicas 6, 8

Fitossociologia 2, 5, 11, 12, 14, 22

Floresta amazônica 22, 23, 24, 30, 31

Floresta Atlântica 2, 8, 9, 11, 30

Florestas urbanas 80, 81, 82, 101

Florística 1, 3, 5, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 31, 54, 97

## G

Gestão 84, 102, 103, 104, 105, 106, 109, 110, 111

Grupos ecológicos 1, 2, 3, 5, 10, 11

## I

Incremento 29, 34, 38, 40, 41, 45, 49, 52, 53, 80, 126

Indústria madeireira 141, 151

Inventário florestal 13, 15, 24, 129, 130, 132

## M

Madeira 31, 35, 42, 43, 46, 64, 66, 70, 74, 90, 110, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 131, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152

Melhoramento Genético 64, 69, 70, 73, 78, 88, 128, 130

Miniestaquia 56, 57, 58, 62, 63

Mortalidade 29, 38, 40, 41, 45, 51, 53, 131, 137, 155, 156

Mudas 33, 34, 35, 37, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 75, 88, 121

## O

Operações florestais 113

## P

Painéis 125, 128, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152

Paisagismo 80, 81, 88, 89, 90, 91

Parcelas permanentes 24, 26, 27, 28, 29, 32

Planejamento 15, 81, 83, 84, 88, 94, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 118, 138

Povoamento florestal 34, 130

Produtividade 3, 90, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 128, 130

Produtos florestais 119, 149

Produtos naturais 156, 157, 159

Progênies 9, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 90, 91

Propagação vegetativa 57, 62

## R

Recuperação ambiental 33, 34, 35, 39, 41, 44

Recursos Hídricos 103, 104, 105, 108, 109, 110

Regeneração 2, 11, 22, 25, 27, 29, 30, 31, 48, 163

Restauração florestal 3, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 47

## S

Sucessão ecológica 30, 45, 53

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**