

ISSN Online 2178-5031



Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 29 n. 2 dez. 2017

Revista do Instituto Florestal

v. 29 n. 2 p. 139 - 266 dez. 2017

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

Maurício Brusadin

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Luís Alberto Bucci

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v. 29 n. 2 p. 139 - 266 dez. 2017

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	1999, 11(1-2)	2009, 21(1-2)
1990, 2(1-2)	2000, 12(1-2)	2010, 22(1-2)
1991, 3(1-2)	2001, 13(1-2)	2011, 23(1-2)
1992, 4	2002, 14(1-2)	2012, 24(1-2)
1993, 5(1-2)	2003, 15(1-2)	2013, 25(1-2)
1994, 6	2004, 16(1-2)	2014, 26(1-2)
1995, 7(1-2)	2005, 17(1-2)	2015, 27(1-2)
1996, 8(1-2)	2006, 18	2016, 28(1-2)
1997, 9(1-2)	2007, 19(1-2)	2017, 29(1-2)
1998, 10(1-2)	2008, 20(1-2)	

A Revista do Instituto Florestal é filiada à Associação Brasileira de Editores Científicos – ABEC.

Fontes de indexação

- Academic Journal Database
- International System of Agricultural Science and Technology – AGRIS
- Directory of Open Access Journal – DOAJ
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal – Latindex
- Open Access Library – OALib
- Directory of Open Access Scholarly Resources – ROAD
- Sumários de Revistas Brasileiras

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal
Rua do Horto, 931
02377-000 – São Paulo – SP
Telefone/Fax: (11) 2231-8555 – ramal: 2043
<http://www.iflorestal.sp.gov.br>
Email: publica@if.sp.gov.br

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Frederico Alexandre Roccia Dal Pozzo Arzolla – **EDITOR-CHEFE/EDITOR-IN-CHIEF**

Eduardo Luiz Longui – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

Maurício Ranzini – **EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR**

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin
FCA – UNESP – Botucatu

Antonio Ludovico Beraldo
FEAGRI – UNICAMP

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Ingrid Koch
UNICAMP

Isabele Sarzi Falchi
Instituto Florestal

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Leonardo Alves de Andrade
UFPB – Areia

Milton Cezar Ribeiro
IB – UNESP – Rio Claro

Paulo Andreetto de Muzio
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas

Solange Terezinha de Lima-Guimarães
IGCE – UNESP – Rio Claro

CONSELHO EDITORIAL/EDITORIAL COUNCIL

Alain Philippe Chautems – *Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève, Suíça*

Eduardo Salinas Chávez – *Universidad de la Habana, Cuba*

Fatima Conceição Márquez Piña-Rodrigues – *UFSCAR – Sorocaba*

George John Shepherd – *IB-UNICAMP*

Maria Margarida da Rocha Fiuzza de Melo – *Instituto de Botânica*

Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – *IB-USP*

Robin Chazdon – *The University of Connecticut, EUA*

Sueli Angelo Furlan – *FFLCH-USP*

REVISÃO DO VERNÁCULO/LÍNGUA INGLESA

PORTUGUESE/ENGLISH REVIWER

Yara Cristina Marcondes

REVISÃO FINAL

FINAL REVIEW

Yara Cristina Marcondes

REVISÃO DE LÍNGUA ESPANHOLA

SPANISH REVIWER

Ivan Suarez da Mota

EDITORAÇÃO GRÁFICA

GRAPHIC EDITING

Filipe Barbosa Bernardino
Yara Cristina Marcondes

CRIAÇÃO DO LOGO

LOGO DESIGN

Carlos Alberto de Freitas
Priscila Weingartner

TRATAMENTO DE IMAGENS

IMAGE EDITING

Filipe Barbosa Bernardino
Priscila Weingartner

CRIAÇÃO DA CAPA

COVER ART

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Regiane Stella Guzzon

ANALISTAS/REFEREES

Ananda Virginia de Aguiar
Embrapa Florestas

Antonio da Silva
Instituto Florestal

Cláudio José Barbedo
Instituto de Botânica

Estefano Paludzyszyn Filho
Embrapa Florestas

Ezer Dias de Oliveira
Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva – FAIT

Ingo Isernhagen
Embrapa Agrossilvipastoril

Isabele Sarzi Falchi
Instituto Florestal

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

Ivanka Rosada de Oliveira
FCA-UNESP, câmpus de Botucatu

Julia Sonsin Oliveira
Universidade de Brasília

Marcelo Zanata
Instituto Florestal

Matheus Peres Chagas
Universidade Federal de Goiás

Miguel Luiz Menezes Freitas
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Sérgio Roberto Garcia dos Santos
Instituto Florestal

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Aspectos fisiológicos do eucalipto em convivência com três espécies de plantas daninhas. Physiological aspects of eucalyptus in coexistence with three weed species. Laís Araújo FAUSTINO; Guilherme Pereira QUEIROZ; Gustavo Antônio Mendes PEREIRA; Evander Alves FERREIRA; Lino Roberto FERREIRA 145-155
- Emergência e crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* cultivadas em diferentes substratos. Emergency and seedlings growth of *Leucaena leucocephala* cultivated in different substrates. Genilda Canuto AMARAL; Adênio Louzeiro AGUIAR JÚNIOR; Yara Karolynne Lopes ABREU; Márkilla Zunete Beckmann CAVALCANTE; Jéssica Cristina Barbosa FERREIRA; José Eduardo Macedo PEZZOPANE 157-167
- Eficiência da seleção precoce em clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Efficiency of early selection in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake clones. João Gabriel Zanon PALUDETO; Regiane Abjaud ESTOPA; Evandro Vagner TAMBARUSSI 169-179
- Funcionalidade ecológica de modelos de restauração: microbacia do ribeirão Pirai, Cabreúva, SP. Ecological restoration feature models: Pirai stream watershed, Cabreúva, SP. Jaqueline de Almeida SAMILA; Fernando Silveira FRANCO; Fatima Conceição Marquez PIÑA-RODRIGUES 181-197
- Rendimento do processamento de três espécies florestais amazônicas. Processing yield of three Amazon forest species. Nayanna de Nazaré Brito FREITAS; Iêdo Souza SANTOS; Paulo Cezar Gomes PEREIRA 199-209
- Biossólido em substratos para produção de mudas de *Handroanthus chrysotrichus*. Use of biosolid in the substrate for *Handroanthus chrysotrichus* seedlings production. Suellen Batista de ARRUDA; Francisca Alcivania de Melo SILVA; Marcelo Viera FERRAZ; Reginaldo Barboza da SILVA; Ocimar José Batista BIM 211-225
- A influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Bathysa australis* (A.St.-Hil.) K.Schum. (Rubiaceae). The influence of light and temperature on germination of *Bathysa australis* (A.St.-Hil.) K.Schum. (Rubiaceae) seeds. Silvana Cristina Pereira Muniz de SOUZA; Carlos Alfredo JOLY 227-237
- Physical-mechanical wood properties of *Myracrodruon urundeuva* in homogeneous planting. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Myracrodruon urundeuva* em plantio homogêneo. Addressa KELLER; Adriano Wagner BALLARIN; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Antonio Carlos Scatena ZANATTO; Eduardo Luiz LONGUI 239-251
- Variabilidade genética em clones de *Eucalyptus* spp. para Grajaú, estado do Maranhão. Genetic variability in clones of *Eucalyptus* spp. for Grajaú, state of Maranhão. Evandro Vagner TAMBARUSSI; Fernanda Bortolanza PEREIRA; Vinícius André AZEVEDO; Fabiana Schmidt Bandeira PERES; Andrea Nogueira DIAS; Rodrigo de Andrade FURLAN 253-261

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO EUCALIPTO EM CONVIVÊNCIA COM
TRÊS ESPÉCIES DE PLANTAS DANINHAS¹**

**PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF EUCALYPTUS IN COEXISTENCE WITH
THREE WEED SPECIES**

Laís Araújo FAUSTINO²; Guilherme Pereira QUEIROZ²; Gustavo Antônio Mendes PEREIRA^{2,4};
Evander Alves FERREIRA³; Lino Roberto FERREIRA²

RESUMO – As espécies daninhas *Commelinea bengalensis* (trapoeraba), *Ipomoeia grandifolia* (corda-de-viola) e *Urochloa brizantha* (braquiária) são comumente encontradas em competição com a cultura do eucalipto, sendo de difícil manejo com a utilização única de um mesmo herbicida. A avaliação da agressividade dessas espécies, por meio de variáveis fisiológicas medidas na cultura, pode ser útil no estabelecimento de estratégias de controle alternativas à aplicação de herbicidas. Deste modo, este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito do período de convivência da trapoeraba, da corda-de-viola e da braquiária nas características fisiológicas de plantas de eucalipto. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, no esquema fatorial 3 x 3, sendo o fator A representado pelas três espécies avaliadas: *C. bengalensis*, *I. grandifolia* e *U. brizantha*, e o fator B representando os três períodos de convivência da cultura com as plantas daninhas: testemunha (cultivadas na ausência de plantas daninhas), 60 dias de convivência e 105 dias de convivência do eucalipto com as espécies daninhas. As três espécies avaliadas promoveram efeitos negativos nas características fisiológicas das plantas de eucalipto causando redução na taxa fotossintética e na eficiência do uso da água, além de incremento na porcentagem, na concentração do carbono interno e na taxa transpiratória. As três espécies avaliadas afetaram de maneira similar as características fisiológicas da cultura.

Palavras-chave: *Eucalyptus* spp.; *Commelinea bengalensis*; *Ipomoeia grandifolia*; *Urochloa brizantha*; potencial competitivo.

ABSTRACT – The weeds *Commelinea bengalensis* (trapoeraba), *Ipomoea grandifolia* (corda-de-viola) and *Urochloa brizantha* (braquiária) are commonly found in competition with eucalyptus cultivation, and unwieldy for the sole use of herbicides. The aggressiveness evaluation of these species by physiological variables measured in culture may be useful in the establishment of alternative control strategies to herbicide application. Thus, this study aimed to evaluate the effect of coexistence period of trapoeraba, corda-de-viola and braquiária on physiological characteristics of eucalyptus plants.

¹Recebido para análise em 17.02.2017. Aceito para publicação em 05.09.2017.

²Universidade Federal de Viçosa, Campus de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, MG, Brasil.

³Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus JK, Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, 39100-000, Diamantina, MG, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Gustavo Antônio Mendes Pereira – gustavogamp@hotmail.com

The experimental design was a randomized block design – RBD with four replications, in a factorial 3 x 3, being the factor represented by three species assessed: *C. bengalensis*, *I. grandifolia* and *U. brizantha* and factor B representing the three periods of coexistence culture with weeds: control (cultured without weeds), 60 days living and 105 two eucalyptus coexistence with weeds. The three species evaluated promoted negative effects on eucalyptus physiological characteristics promoting reduction in photosynthetic rate and water use efficiency, and percentage increase in the concentration of internal carbon and transpiration rate. The three evaluated species affected in a similar way the physiological characteristics of culture.

Keywords: *Eucalyptus* spp.; *Commelinea bengalensis*; *Ipomoeia grandifolia*; *Urochloa brizantha*; competitive potential.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores nas plantações de eucalipto é a infestação de plantas daninhas, cujo manejo assume papel de destaque entre os tratamentos culturais, apresentando reflexos diretos na produtividade e nos custos de produção (Machado et al., 2010). Para que não ocorram perdas de produtividade, torna-se necessária a redução dos fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das espécies de eucalipto, sendo que a interferência das plantas daninhas é considerada um dos maiores problemas na implantação, na manutenção e na reforma de plantios de eucalipto, pois pode comprometer a produtividade dos plantios, além de aumentar os riscos de incêndio e reduzir o rendimento da colheita (Ferreira et al., 2016).

O potencial competitivo das plantas pelos recursos do meio varia em função da espécie presente na área (Rigoli et al., 2008), do nível populacional (Vidal et al., 2004), da época de emergência em relação à cultura (Silva et al., 2007), do período de convivência da cultura com as plantas daninhas (Faustino, 2015) e das características competitivas dos cultivares (Galon et al., 2007).

A competição das plantas daninhas com as culturas leva ao menor fornecimento de alguns recursos para as plantas, ocasionando deficiências que culminam em alterações nas características fisiológicas relacionadas com a fotossíntese, como a deficiência hídrica (Floss, 2011),

nutricional (Melo et al., 2006) e a baixa qualidade ou quantidade de luminosidade (Sharkey e Raschke, 1981). Essas limitações podem levar a alterações na condutância estomática, na concentração interna de gases e, conseqüentemente, na atividade fotossintética e uso eficiente da água. O uso mais eficiente da água está diretamente relacionado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto o dióxido de carbono (CO₂) penetra na folha, a água é perdida pela transpiração, com intensidade variável, o que é dependente do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera (Concenção et al., 2007, 2009).

As plantas daninhas *Commelinea bengalensis*, *Ipomoeia grandifolia* e *Urochloa brizantha* são comumente encontradas em competição com a cultura do eucalipto, sendo de difícil manejo com a utilização única de herbicidas (Winkler et al., 2002; Vidal et al., 2004; Faustino, 2015). A hipótese deste trabalho é que a avaliação da agressividade dessas espécies, por meio de variáveis fisiológicas medidas na cultura, pode ser útil no estabelecimento de estratégias de controle alternativas à aplicação de herbicidas.

Deste modo, este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar o efeito do período de convivência da trapoeraba, da corda-de-violão e da braquiária nas características fisiológicas de plantas de eucalipto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 18 de fevereiro a 03 de junho de 2014, na Estação Experimental Diogo Alves de Melo, Campus da Universidade Federal de Viçosa, pertencente ao Departamento de Fitotecnia.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, no esquema fatorial 3 x 3, sendo o fator A representado pelas três espécies avaliadas: *C. bengalensis*, *I. grandifolia* e *U. brizantha* e o fator B representando os três períodos de convivência da cultura com as plantas daninhas: testemunha (cultivadas na ausência de plantas daninhas), 60 dias de convivência e 105 dias de convivência do eucalipto com as espécies daninhas.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos de 110 dm³ de solo em campo, com uma planta de eucalipto e três da espécie daninha, e irrigadas de modo que mantivessem adequada disponibilidade de água, acompanhando as variações climáticas durante a época de condução (Figura 1).

Para enchimento dos vasos utilizou-se um solo de textura muito argilosa com as características químicas e físicas apresentadas na Tabela 1.

Para adequação do substrato quanto à nutrição foram aplicados o equivalente a 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 10,0; 0,45 e 0,38 kg m⁻³ de superfosfato simples, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente.

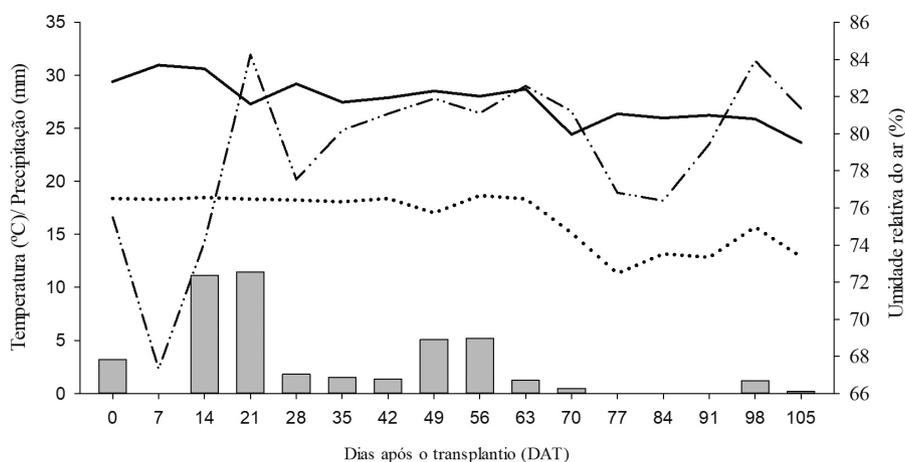


Figura 1. Médias semanais de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), precipitação (milímetros) e umidade relativa do ar (%) observadas durante a condução do experimento.

Figure 1. Weekly averages of maximum temperature (°C), minimum temperature (°C), precipitation (millimeters) and relative humidity (%) observed during the conduction of the experiment.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo usado para enchimento dos vasos.

Table 1. Chemical and physical soil characteristics used to fill pots.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	(t)	V	m	MO
H ₂ O	-mg dm ⁻³ --		-----cmolc dm ⁻³ -----					---%---		
5,10	0,60	9,00	0,04	0,06	1,60	5,30	1,66	2,90	90,70	2,07
A. Grossa		A. Fina		Silte		Argila		Classe Textural		
----- dag kg ⁻¹ -----										
11,00		10,00		17,00		62,00		Muito Argiloso		

Mudas padronizadas do clone AEC144, híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com média de 23 cm de altura e três meses de idade, foram transplantadas no centro do vaso simultaneamente ao transplântio de três plantas de *C. benghalensis*, ou *I. grandifolia*, ou *U. brizantha* com 4 a 6 folhas.

A adubação com micronutrientes nas doses de 10; 17,5 e 100 mg vaso⁻¹, respectivamente de boro, cobre e zinco, foi realizada por via líquida e parcelada em duas vezes, aos 10 e 30 dias após o transplântio (DAT) das mudas de eucalipto.

As avaliações fisiológicas foram realizadas aos 105 DAT em plantas que conviveram com as daninhas por diferentes períodos: sem convivência durante todo o tempo; 60 dias de convivência e 105 dias de convivência.

As avaliações foram realizadas no terço médio da folha adulta mais jovem das plantas de eucalipto, o que corresponde à quarta ou quinta folha completamente expandida contando do meristema apical para a base. Foi utilizado um analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK), em casa de vegetação aberta, permitindo livre circulação do ar. Cada bloco foi avaliado em um dia, entre 8 e 10 horas da manhã, de forma que mantivesse as condições ambientais homogêneas durante a avaliação.

As variáveis avaliadas foram consumo de CO₂ ($\Delta C - \mu\text{mol mol}^{-1}$), carbono interno ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$), condutância estomática de vapores de água ($G_s - \text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$), pressão de vapor na câmara subestomática e taxa de transpiração ($E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sendo calculada ainda a eficiência do uso da água ($UE - \text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$) pela relação entre quantidade de CO₂ fixado pela fotossíntese, temperatura foliar e ambiente e quantidade de água transpirada.

Os dados obtidos foram transformados em porcentagem em relação à testemunha e submetidos à análise de variância e ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três espécies daninhas avaliadas não mostraram diferença na porcentagem da taxa fotossintética em relação à testemunha (A%) aos 60 e 105 dias de convivência com o eucalipto. Ao se avaliar o período de convivência dentro de cada espécie, verificou-se diferença da A% entre a testemunha e os períodos de convivência, destacando-se que o período de convivência de 60 e 105 dias afetou negativamente essa variável, sendo que o decréscimo na taxa fotossintética foi de aproximadamente 60, 54 e 55% nas espécies trapoeraba, corda-de-viola e braquiária, respectivamente, no maior período de convivência da cultura com as plantas daninhas (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem da taxa fotossintética em relação à testemunha (A%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 2. Percentage of the photosynthetic rate in relation to the control (A%) of eucalyptus plants in different periods of cohabitation with weeds.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelinea bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 A*	100,00 A	100,00 A
60 dias	62,53 a B	61,11 a B	59,62 a B
105 dias	41,62 a B	55,34 a B	46,24 a B
CV (%)	19,16		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

Ferreira et al. (2016) observaram que a convivência por 48 dias após o transplântio das mudas de eucalipto com espécies do gênero *Urochloa* afetaram negativamente a taxa fotossintética das plantas de eucalipto. A taxa fotossintética pode sofrer interferência de diversos fatores, tais como a redução da disponibilidade de recursos proporcionados pela competição com plantas daninhas, assim uma espécie pode privar a outra de recursos como a luz, água e nutrientes afetando as características fisiológicas de ambas as espécies ou plantas da mesma espécie em estado de competição (Concenção et al., 2007).

De acordo com Silva et al. (2001), *E. citriodora* e *E. grandis* apresentaram o mesmo comportamento quando submetidas à competição com diferentes densidades de *U. brizantha* por vaso e diferentes níveis de água no solo por 70 dias. A taxa fotossintética apresentou menor valor, independente dos níveis de água e da densidade de *U. brizantha*, mostrando a interferência negativa desta planta daninha com o eucalipto.

A competição entre plantas daninhas e culturas é um fator crítico para o desenvolvimento da cultura quando a espécie daninha se estabelece junto ou primeiro que a cultura

(Radosevich et al., 1996). Todavia, se a cultura se estabelecer primeiro, em função da espécie cultivada, do seu vigor, da velocidade de crescimento inicial e da densidade de plantio, ela poderá cobrir rapidamente o solo, podendo excluir ou inibir significativamente o crescimento das plantas daninhas. No presente trabalho, o transplântio das mudas das plantas daninhas foi realizado no momento do transplântio das mudas do eucalipto.

Foram constatadas diferenças na condutância estomática (Gs%), tanto quando as plantas de eucalipto conviveram com espécies daninhas diferentes como quando em convivência por 60 quanto por 150 dias. Plantas de trapoeraba mostraram maior condutância estomática quando comparadas com as demais espécies, destacando-se que, quando competindo com braquiária, as plantas de eucalipto mostraram redução de aproximadamente 37% na Gs% no maior período de convivência. Plantas de eucalipto mostraram incremento nos valores de Gs% em relação à testemunha quando submetidas a 60 e 150 dias de convivência com a trapoeraba e a corda-de-viola, no entanto, ao competir com braquiária, o eucalipto mostrou decréscimos nos valores de Gs% em relação a testemunha (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem da condutância estomática relação à testemunha (Gs%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 3. Percentage of stomatal conductance relative to the control (Gs%) of eucalyptus plants in different periods of cohabitation with weeds.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelinea bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 C*	100,00 C	100,00 A
60 dias	183,83 a D	131,08 b D	68,27 c B
105 dias	229,044 a A	190,39 b A	63,47 c B
CV (%)	30,62		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

A condutância estomática é o mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração (Messinger et al., 2006) e fornecimento de CO₂. As principais funções adaptativas dos estômatos são a otimização das trocas gasosas foliares, redução da desidratação, especialmente em folhas com potencial hídrico abaixo do ponto de cavitação do xilema (Tyree e Sperry, 1988), e regulação da temperatura foliar por meio do resfriamento transpiracional (Jones, 1998).

Aos 60 dias de convivência do eucalipto com as plantas daninhas, não foi verificada diferença na porcentagem de carbono interno em relação à testemunha (Ci%) em planta de eucalipto. Aos 105 dias de convivência com as plantas daninhas, o eucalipto mostrou maiores valores de Ci% quando em competição com a braquiária. Ao se avaliar o efeito do período de convivência dentro de cada espécie, constatou-se que a Ci% apresentou acréscimo em todas as espécies avaliadas em relação à testemunha aos 60 e 105 dias de convivência da cultura com as espécies daninhas (Tabela 4).

A Ci é considerada variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, de luz e energia, entre outros. O incremento na Ci pode indicar uma tentativa da planta de escapar do estresse gerado pela competição pelos recursos do ambiente (Matos et al., 2013).

Plantas de eucalipto mostraram maiores valores de porcentagem da taxa transpiratória em relação à testemunha (E%) quando competindo com trapoeraba no período de 60 dias de convivência, já aos 105 dias, não foi observada diferença da E% para o eucalipto competindo com as três espécies avaliadas. O eucalipto quando cultivado com as três espécies mostrou maiores valores de E% aos 60 e 105 dias de convivência, diferindo da testemunha cultivada na ausência de competição (Tabela 5).

Não foi observada diferença na porcentagem da temperatura foliar em relação à testemunha (TF%) de plantas de eucalipto convivendo com as três espécies daninhas e entre os períodos de convivência das plantas daninhas com a cultura (Tabela 6). O metabolismo do vegetal causa incremento na temperatura da folha, assim, via de regra, a temperatura da folha é superior à do ar ao seu redor (Concenço et al., 2007). Assim, incrementos no metabolismo, em situações de estresse como interferência de plantas daninhas, podem ser indiretamente aferidos em função do gradiente entre temperatura da folha e do ar, destacando-se que, no presente trabalho, os tratamentos não interferiram na temperatura da folha de nenhuma espécie avaliada.

Tabela 4. Porcentagem da concentração do carbono interno em relação à testemunha (Ci%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 4. Percentage of the internal carbon concentration in relation to the control (Ci%) of eucalyptus plants in different periods of weed coexistence.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelina bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 B*	100,00 B	100,00 B
60 dias	130,38 a A	128,35 a A	138,56 a A
105 dias	131,22 b A	133,57 b A	145,97 a A
CV (%)	5,37		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

Tabela 5. Porcentagem da taxa transpiratória em relação à testemunha (E%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 5. Percentage of the transpiratory rate in relation to the control (E%) of eucalyptus plants in different periods of coexistence with weeds.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelinea bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 B*	100,00 B	100,00 B
60 dias	175,03 a A	121,08 b A	134,93 b A
105 dias	149,25 a A	133,40 a A	120,25 a A
CV (%)	15,97		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

Tabela 6. Porcentagem da temperatura foliar em relação à testemunha (TF%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 6. Percentage of leaf temperature in relation to the control (TF%) of eucalyptus plants in different periods of cohabitation with weeds.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelinea bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00*	100,00	100,00
60 dias	98,49	100,90	99,21
105 dias	96,83	100,89	100,98
CV (%)	1,25		

*Não significativo.

*Not significant.

Ao se avaliar a porcentagem da relação carbono interno/carbono atmosférico (Ci/Ca%) em plantas de eucalipto, constatou-se que a cultura mostrou maiores valores referentes a esta variável quando competindo com a trapoeraba em relação às demais espécies avaliadas aos 60 e 105 dias de

convivência. Ao se avaliar o efeito do período de convivência dentro de cada espécie, constataram-se maiores valores de Ci/Ca nas plantas de eucalipto aos 60 e 105 dias diferindo da testemunha cultivada isoladamente para todas as espécies avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7. Porcentagem da relação carbono interno/carbono atmosférico em relação à testemunha (Ci/Ca%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 7. Percentage of the internal carbon/atmospheric carbon ratio in relation to the control (Ci/Ca%) of eucalyptus plants in different periods of cohabitation with weeds.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelinea bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 B*	100,00 B	100,00 B
60 dias	182,05 a A	126,53 b A	134,29 b A
105 dias	181,54 a A	131,37 b A	139,76 b A
CV (%)	4,44		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

O fechamento dos estômatos normalmente reduz a entrada de CO₂ na câmara subestomática, diminuindo a quantidade de substrato disponível para o ciclo de Calvin. Entretanto, ao se avaliar a Ci/Ca%, que é uma relação direta entre a concentração de CO₂ na câmara subestomática e a concentração de CO₂ no ambiente, observa-se que o maior valor da Ci/Ca encontrado, quando o eucalipto esteve em competição com cada uma das espécies daninhas avaliadas, indica que o eucalipto não está consumindo o CO₂ normalmente e que a redução na fotossíntese está ocorrendo provavelmente em função da redução dos teores de nutrientes no solo causado pela competição entre as plantas daninhas e a cultura. O nitrogênio, o fósforo, o enxofre juntamente com os micronutrientes ferro, manganês e cobre estão presentes em diversas proteínas relacionadas ao transporte de elétrons nas membranas dos tilacoídeos do cloroplasto, assim a deficiência de qualquer um destes nutrientes proporciona efeito direto na fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2013).

A porcentagem da eficiência do uso da água em plantas de eucalipto em relação à testemunha (EU%), não diferiu entre as espécies cultivadas em convivência com a cultura.

Entretanto, ao se avaliar o efeito do período de convivência dentro das três espécies, constatou-se redução da EU% em plantas de eucalipto aos 60 e 105 dias em relação às parcelas cultivadas na ausência de competição para todas as espécies avaliadas (Tabela 8).

A eficiência do uso de água é caracterizada como a quantidade de água evapotranspirada por uma planta para a produção de determinada quantidade de matéria seca. Desse modo, plantas mais eficientes no uso de água acumulam mais matéria seca por grama de água transpirada (Baptista et al., 2012). O uso mais eficiente de água está diretamente associado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂ para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente por evapotranspiração, seguindo uma corrente de potenciais hídricos (Pereira Netto, 2002). No presente trabalho, a eficiência no uso da água mostrou redução com o incremento do período de convivência da cultura com as três espécies daninhas estudadas (Tabela 8), desse modo, o aumento do período de competição promoveu redução da eficiência no uso da água das plantas de eucalipto, principalmente devido à redução da taxa fotossintética que está diretamente relacionada ao uso da água e taxa transpiratória.

Tabela 8. Porcentagem da eficiência do uso da água em relação à testemunha (EU%) de plantas de eucalipto em diferentes períodos de convivência com plantas daninhas.

Table 8. Percentage of water use efficiency in relation to the control (US%) of eucalyptus plants in different periods of weed coexistence.

Períodos de convivência	Espécies		
	<i>Commelina bengalensis</i>	<i>Ipomoeia grandifolia</i>	<i>Urochloa brizantha</i>
Testemunha	100,00 A*	100,00 A	100,00 A
60 dias	36,39 a B	49,01 a B	42,01 a B
105 dias	27,80 a B	41,08 a B	38,69 a B
CV (%)	17,96		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Averages followed by the same lowercase letter in the row and uppercase in the column do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability of error.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, conclui-se que as três espécies avaliadas promoveram efeitos negativos nas características fisiológicas das plantas de eucalipto, promovendo redução na taxa fotossintética e na eficiência do uso da água, além de incremento na porcentagem, na concentração do carbono interno e na taxa transpiratória. As três espécies avaliadas afetaram de maneira similar as características fisiológicas da cultura.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro e as bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, J.M.; ALMEIDA, M.D.; VIEIRA, P. Programa nacional para o uso eficiente da água. **Instituto Superior de Agronomia**, v. 1, n. 1, 2012. Disponível em: <https://www.apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.

CONCENÇO, G. et al. Uso da água em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*) em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 449-455, 2007.

_____. et al. Uso da água por plantas de arroz em competição com biótipos de *Echinochloa crusgalli* resistente e suscetível ao herbicida quinclorac. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 249-256, 2009.

FAUSTINO, L.A. **Convivência de eucalipto com *Commelina benghalensis***. 2015. 40 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERREIRA, G.L. et al. Eucalypt growth submitted to management of *Urochloa* spp. **Planta Daninha**, v. 34, n. 1, p. 99-107, 2016.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. v. 4, 734 p.

GALON, L. et al. Estimativa das perdas de produtividade de grãos em cultivares de arroz (*Oryza sativa*) pela interferência do capim-arroz (*Echinochloa* spp.). **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 697-707, 2007.

JONES, H.G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 387-398, 1998. Special Issue.

MACHADO, A.F.L. et al. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com glyphosate. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p. 319-327, 2010.

MATOS, C.C. et al. Características fisiológicas do cafeeiro em competição com plantas daninhas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1111-1119, 2013.

MELO, P.T.B.S. et al. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 37-43, 2006.

MESSINGER, S.M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. **Plant Physiology**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.

PEREIRA-NETTO, A.B. Crescimento e desenvolvimento. In: WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. (Ed.). **Fisiologia vegetal – produção e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. p. 17-42.

RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Physiological aspects of competition. In: STEVEN, R. et al. (Ed.). **Weed ecology implicatios for managements**. New York: John Willey and Sons, 1996. p. 217-301.

RIGOLI, R.P. et al. Habilidade competitiva relativa do trigo (*Triticum aestivum*) em convivência com azevém (*Lolium multiflorum*) ou nabo (*Raphanus raphanistrum*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 93-100, 2008.

SHARKEY, T.D.; RASCHKE, K. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiology**, v. 68, n. 5, p. 1170-1174, 1981.

SILVA, A.A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 83-148.

SILVA, W. et al. Taxa fotossintética líquida de *Eucalyptus citriodora* Hook e *E. grandis* W. Hill em resposta à diferentes níveis de água no solo e associação com *Brachiaria brizantha* Stapf. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, p. 1205-1209, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. v. 5, 954 p.

FAUSTINO, L.A. et al. Eucalipto em convivência com plantas daninhas.

TYREE, M.T.; SPERRY, J.S. Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water stress? Answers from a model. **Plant Physiology**, v. 88, n. 3, p. 574-580, 1988.

VIDAL, R.A. et al. Nível de dano econômico de *Brachiaria plantaginea* na cultura de milho irrigado. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 63-69, 2004.

WINKLER, L.M.; VIDAL, R.A.; BARBOSA NETO, J.F. Aspectos genéticos envolvidos na resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Plantio Direto**, v. 70, n. 1, p. 21-24, 2002.

**EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Leucaena leucocephala*
CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS¹**

**EMERGENCY AND SEEDLINGS GROWTH OF *Leucaena leucocephala*
CULTIVATED IN DIFFERENT SUBSTRATES**

Genilda Canuto AMARAL^{2, 7}; Adênio Louzeiro AGUIAR JÚNIOR³;
Yara Karolynne Lopes ABREU⁴; Márkilla Zunete Beckmann CAVALCANTE⁵;
Jéssica Cristina Barbosa FERREIRA⁶; José Eduardo Macedo PEZZOPANE²

RESUMO – A utilização de substratos oriundos de resíduos orgânicos torna-se uma estratégia para produção de mudas, tendo em vista o barateamento do processo de produção e destinação dos resíduos diminuindo eventuais impactos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o potencial dos diferentes resíduos orgânicos regionais como substratos para produção de mudas, utilizando como planta teste a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. por ser uma espécie rústica e de fácil desenvolvimento. O experimento foi conduzido em uma casa de vegetação com 50% de luminosidade. Adotou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados com quatro tratamentos (paú de buriti, resíduo de carnaúba decomposta + solo + esterco bovino, resíduo de carnaúba decomposta + casca de arroz e resíduo de carnaúba decomposta + solo) e cinco blocos ou repetições. Cada bloco contou com dez plântulas, totalizando 200 plântulas. Os parâmetros avaliados foram porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, altura da parte aérea, diâmetro do colo, número de folhas definitivas, comprimento da raiz e matéria seca do sistema radicular. As mudas produzidas nos substratos paú de buriti e resíduo de carnaúba decomposta + solo + esterco bovino emergiram mais (maiores porcentagens de emergência) e apresentaram crescimento inicial maior (maiores alturas da parte aérea), o que leva a inferir que estes substratos propiciaram melhores condições para produção de mudas de *L. leucocephala*. Fazem-se necessários mais estudos com esses substratos para a produção de mudas, a fim de ampliar seu potencial de utilização.

Palavras-chaves: leucena; mudas; diferentes substratos; resíduos orgânicos.

¹Recebido para análise em 22.09.2016. Aceito para publicação em 11.09.2017.

²Universidade Federal Espírito Santo – UFES, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Av. Gov. Lindemberg, 316 - Centro, 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil.

³Universidade Federal de Viçosa – UFV, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

⁴Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRP, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada, Rua Dom Manuel de Medeiros, S/N - C1, 56300-990, Petrolina, DF, Brasil.

⁵Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Colegiado de Engenharia Agrônômica, Rodovia BR 407 - KM 12 - Lote 543 PSNC, S/N - C1, 56300-990, Petrolina, DF, Brasil.

⁶Universidade de Brasília – UnB, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Caixa Postal 4357, 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

⁷Autor para correspondência: Genilda Canuto Amaral – genildacanuto@gmail.com

ABSTRACT – The use of substrates from organic residues becomes a strategy for the production of seedlings, in view of the lowering of the production process and the destination of the residues, reducing eventual impacts. In this sense, the objective was to evaluate the potential of the different regional organic residues as substrates for seedling production, using *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. as a test plant by being a rustic species and of easy development. The experiment was conducted in a greenhouse with 50% luminosity. The experiment was carried out in a completely randomized block design with four treatments (buriti leaf, decomposed carnauba residue + soil + bovine manure, decomposed carnauba residue + rice husk and decomposed carnauba residue + soil) and five blocks or replicates. Each block had ten seedlings, totaling 200 seedlings. The parameters evaluated were emergency percentage, emergence speed index, shoot height, lap diameter, number of definitive leaves, root length and dry matter of the root system. The seedlings produced in the buriti and carnauba residue substrates decomposed + soil + bovine manure emerged more (higher percentages of emergence) and presented higher initial growth (higher shoot height), which leads to infer that these substrates provided better conditions for seedling production of *L. leucocephala*. Further studies with these substrates are required for the production of seedlings in order to increase their potential for use.

Keywords: leucena; seedlings; different substrates; organic waste.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de atividades degradadoras do ambiente vem comprometendo significativamente a sustentabilidade ambiental. Neste sentido, o desenvolvimento de estratégias como a revegetação com espécies arbóreas produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos regionais constitui uma importante opção, tendo em vista o barateamento do processo de produção de mudas. Assim, a realização de estudos nesta temática é uma ferramenta fundamental por subsidiar e ajudar nas ações necessárias para recuperação e manejo de áreas degradadas (Lima, 2008).

Entre as espécies arbóreas, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit pode ser considerada como de ampla possibilidade de adaptação em áreas degradadas, seja por sua alta versatilidade na produção de madeira, carvão vegetal e forragem, como recuperação de solos degradados (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2006). Araújo Filho (2007), em estudo com espécies leguminosas, concluiu que a leucena pode ser utilizada em programas de recuperação florestal de áreas degradadas com sucesso.

Além disso, a mesma possui várias habilidades adaptativas, como capacidade de tolerar diferentes condições de clima e solo, crescimento inicial rápido e maturação precoce, além de realizar a fixação biológica de nitrogênio – FBN, contribuindo para melhoria de atributos químicos e biológicos dos solos (Decker, 2008).

No processo de produção de mudas, de forma geral, um dos fatores imprescindíveis a ser considerado é o substrato utilizado, pois é determinante para o êxito no estabelecimento de plantios, uma vez que este exerce influência sobre a emergência de plântulas e a qualidade das mudas (Alexandre et al., 2006). O tipo de substrato usado deve ser adequado às exigências fisiológicas da germinação, tamanho e forma da semente (Brasil, 2009); além de apresentar características adequadas para um bom desenvolvimento da muda. Além disso, segundo Maciel et al. (2000), os substratos exercem influência significativa na arquitetura do sistema radicular e nas associações biológicas com o meio, influenciando o estado nutricional das plantas e a translocação de água no sistema solo-plantas-atmosfera.

Na escolha de um substrato, é preciso atentar-se a seu custo e sua disponibilidade, assim como garantir que as propriedades químicas e físicas do mesmo atendam às necessidades de crescimento adequado das plantas (Caldeira et al., 2012). Os substratos podem ser constituídos por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais, que podem ser produzidos ou adquiridos em empresas especializadas. No mercado, é possível adquirir diversos tipos de substratos prontos para o uso, puros ou em mistura, cada um com características próprias de preço e qualidade (Kratz, 2011).

Contudo, o uso de materiais renováveis na formulação de substratos é de fundamental importância, haja vista a questão ambiental, bem como, o aumento da produção de mudas, que deve seguir padrões de sustentabilidade. Desse modo, faz-se necessário o fornecimento de novos insumos para serem utilizados como substratos, em busca de apresentar novas formulações, por exemplo, o uso de resíduos agroindustriais, de indústrias florestais e urbanas, representando uma alternativa viável, pois grandes volumes destes produtos são gerados, promovendo um problema ambiental se não for apresentado um destino final adequado (Kratz et al., 2013).

Assim, o trabalho foi realizado com objetivo de avaliar diferentes resíduos orgânicos produzidos na região do Piauí como substratos para produção de mudas, utilizando como planta teste *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. por ser uma espécie rústica e de fácil desenvolvimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Bom Jesus-Piauí, coordenadas geográficas 09°04'28"S, 44°21'31"W com altitude média de 277 m, precipitação média entre 900 a 1.200 mm/ano e temperatura média de 26,5 °C (Viana et al., 2002).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, utilizando-se quatro tratamentos (S_1 = paú de buriti, originado da decomposição natural do caule da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*); S_2 = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*Copernicia prunifera*) +

25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica; S_3 = 60% resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + 40% casca de arroz (*Oriza sativa*) *in natura* e S_4 = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica. Adotou-se cinco repetições, ou seja, cinco blocos de dez plantas, perfazendo um total de 200 mudas. As mesmas foram mantidas em casa de vegetação com 50% de luminosidade, com uma irrigação manual diária.

Para o desenvolvimento do experimento, utilizou-se a espécie *Leucaena leucocephala*, cujas sementes foram adquiridas em loja autorizada. Antes da semeadura, foi realizada a quebra de dormência das sementes através do método de escarificação química (imersão em H_2SO_4 concentrado por 20 minutos) conforme metodologia proposta por Teles et al. (2000). Foram distribuídas três sementes por recipiente, em profundidade aproximada de 1,5 cm. Foram utilizados sacos de polietileno nas dimensões de 14 x 8 cm (0,224 L) como recipientes. Os sacos de polietileno receberam os diferentes substratos para compor os tratamentos (cada saco recebeu a mesma quantidade de substrato em base volumétrica, sem adensamento do substrato no recipiente). Após emergência das sementes foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por recipiente.

Durante os 30 dias, as plântulas foram avaliadas quanto sua emergência, resultando na porcentagem de emergência – PE e índice de velocidade de emergência – IVE.

A porcentagem de emergência foi calculada de acordo com Labouriau e Valadares (1976):

$$PE = (N/A).100$$

Em que: PE – porcentagem de emergência; N – número total de plântulas emergidas; A – número total de sementes colocadas para germinar.

O índice de velocidade de emergência foi calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$$

Em que: IVE – Índice de velocidade de emergência; E1, E2 e En – número de plântulas normais computadas da primeira à última contagem; N1, N2 e Nn – número de dias após a implantação do teste.

Após 30 dias da semeadura (final do experimento), foram analisados os seguintes parâmetros de todas as mudas:

– parâmetros não destrutivos: altura da planta (cm) (medida com o auxílio de régua milimetrada), diâmetro do colo (mm) (medido com o auxílio de paquímetro digital), número de folhas definitivas (determinado por meio da contagem das folhas fotossinteticamente ativas), comprimento do sistema radicular (cm) (medido com o auxílio de régua milimetrada).

– parâmetros destrutivos: as mudas foram separadas em sistema radicular e parte aérea, e acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e colocadas para secar em estufa a 65 ± 3 °C, com circulação forçada de ar, até peso constante a fim de se obter peso da matéria seca do sistema radicular e da parte aérea (g), com auxílio de balança digital com precisão de 0,0001 g (Mark 250A – Capacidade 250 g). Após a obtenção dos pesos de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea, obteve-se o peso da matéria seca total (por meio da soma do peso de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea) e a razão entre o peso da matéria seca do sistema radicular e o peso da matéria seca da parte aérea.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste “F” para diagnóstico de efeito significativo dos tratamentos; as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), exceto a variável peso da matéria seca total que foi submetida ao teste de Duncan ($p < 0,05$), sendo empregado o software ASSISTAT (Silva e Azevedo, 2009) para avaliação de diferença significativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância da emergência de sementes de *L. leucocephala* (Tabela 1), verificou-se que os tipos de substratos exerceram efeitos significativos ($p < 0,05$) apenas para porcentagem de emergência – PE, não influenciando o índice de velocidade de emergência – IVE.

Para a porcentagem de emergência (Figura 1), as sementes semeadas nos substratos S₁ (paú de buriti), S₂ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica), S₃ (60% resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + casca de arroz (*O. sativa*) *in natura*) apresentaram maiores porcentagens de emergência (86, 90 e 78%, respectivamente) e não se diferenciaram estatisticamente entre si, porém quando semeadas em S₂ apresentaram maiores porcentagens (90%).

Tabela 1. Análise de variância da porcentagem de emergência e índice de velocidade de emergência de *L. leucocephala* cultivada em diferentes substratos.

Table 1. Analysis of variance of emergence percentage and rate of emergence of *L. leucocephala* grown on different substrates.

Parâmetros	QM Tratamento	QM Resíduo	F	CV
Porcentagem de emergência	3900,00	2120,00	9,81*	14,95
Índice de velocidade de emergência	55,84	102,45	2,90ns	30,69

QM: Quadrado médio; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo a 5% de significância; *: significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

QM: medium square; CV: coefficient of variance; ns: not significant at 5% significance; *: significant at a level of 5% of significance by test F.

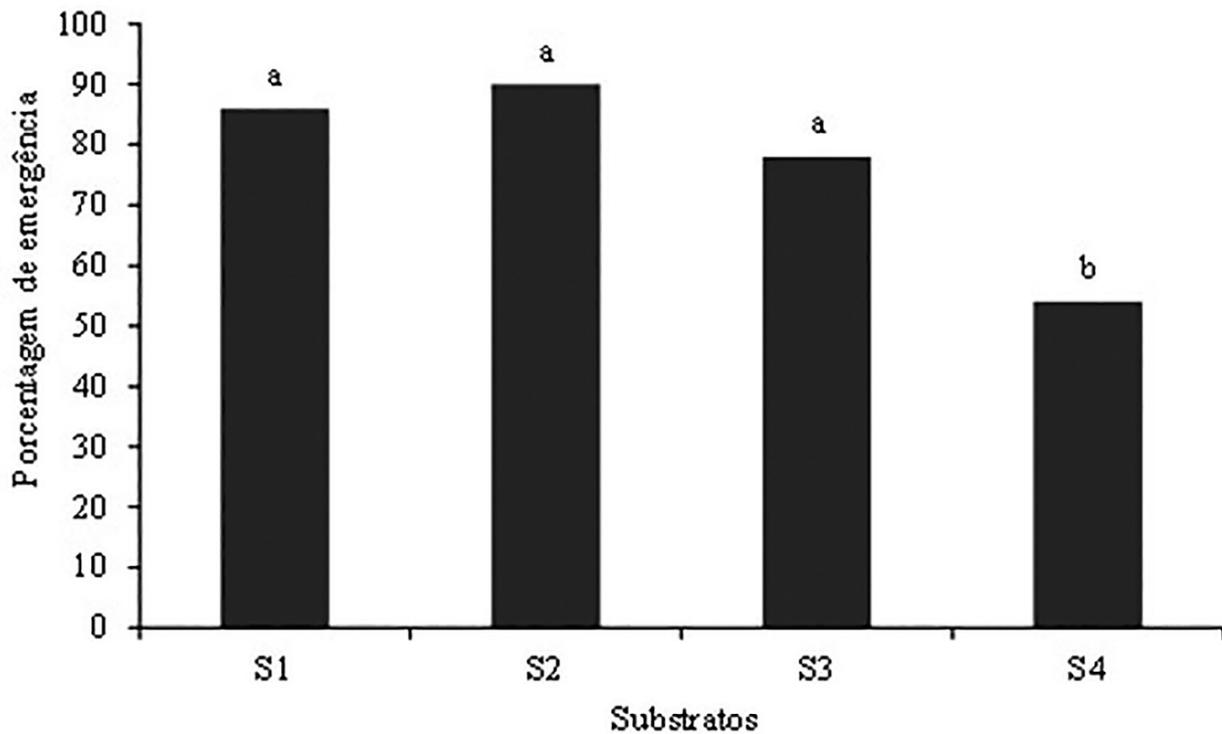


Figura 1. Porcentagem de emergência de *L. leucocephala* em diferentes substratos: S₁ = paú de buriti; S₂ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica; S₃ = 60% resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + 40% casca de arroz (*O. sativa*) *in natura* e S₄ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica.

Figure 1. *L. leucocephala* percentage of emergency on different substrates: S₁ = paú de buriti; S₂ = 60% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 25% soil + 25% bovine manure, volumetric base; S₃ = 60% carnauba residue (*C. prunifera*) + 40% rice husks (*O. sativa*) *in natura* and S₄ = 50% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 50% soil, volumetric base.

Quando semeadas no substrato S₄ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica), apresentaram menores porcentagens de emergência (54%). Cabe ressaltar que as sementes germinam quando são oferecidas condições favoráveis de temperatura e umidade, daí a importância de se obter um substrato que proporcione o conjunto de características adequadas à germinação das mesmas, uma vez que o substrato é caracterizado como um composto adequado para a sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em teores tóxicos e condutividade elétrica adequada (Guerrini e Trigueira, 2004).

A germinação rápida e uniforme, seguida por uma imediata emergência das plântulas, são características altamente desejáveis, pois quanto mais tempo a plântula permanecer nos estágios iniciais de desenvolvimento e demorar a emergir no solo, mais vulnerável estará às condições adversas do meio (Martins et al., 1999).

Para o crescimento inicial das mudas de leucena (Tabela 2), nas condições do experimento, verificou-se que os substratos testados exerceram efeitos significativos ($p < 0,05$) na altura das plantas, peso da matéria seca do sistema radicular e peso da matéria seca total; contudo, para número de folhas, diâmetro do colo, comprimento da raiz, peso da matéria seca da parte aérea e razão do peso da matéria seca da parte aérea pelo peso da matéria seca do sistema radicular, esse efeito não foi observado.

Tabela 2. Análise de variância do crescimento inicial em termos de altura da muda, número de folhas, diâmetro do colo, comprimento do sistema radicular, peso da matéria seca do sistema radicular, peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca total e relação do peso da matéria seca da parte aérea pelo peso da matéria seca do sistema radicular de mudas de *L. leucocephala* cultivadas em diferentes substratos, 30 dias após a semeadura.

Table 2. Analysis of variance of the initial growth in terms of seed height, number of leaves, neck diameter, root system length, dry matter weight of the root system, dry matter weight of the aerial part, total dry matter weight and weight of the dry matter of the aerial part by the weight of the dry matter of the root system of *L. leucocephala* seedlings grown on different substrates, 30 days after sowing.

Parâmetros	QM Tratamento	QM Resíduo	F	CV
Altura de planta	38,64	36,91	5,58*	14,22
Diâmetro do colo	0,35	1,11	1,71ns	12,83
Número de folhas	21,31	60,83	1,86ns	16,89
Comprimento do sistema radicular	32,68	86,90	2,00ns	10,47
Peso da matéria seca sistema radicular – PMSSR	0,51	0,76	3,57*	28,78
Peso da matéria seca – parte aérea – PMSPA	3,39	6,13	2,95ns	38,38
Peso da matéria seca total	6,26	9,60	3,47*	32,62
PMSPA/PMSSR	1,26	6,35	1,06 ns	29,53

QM: Quadrado médio; CV: coeficiente de variação (%); ns: não significativo a 5% de significância; *: significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

QM: Medium square; CV: coefficient of variance; ns: not significant at 5% significance; *: significant at a level of 5% of significance by test F.

Analisando os valores médios da altura das mudas de *L. leucocephala* (Figura 2), nota-se que as mudas conduzidas em substrato S₂ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica) e S₁ (paú de buriti) cresceram mais quando comparadas às mudas conduzidas nos outros substratos testados, 12,42 e 11,22 cm, respectivamente, embora não tenha havido diferença estatística em relação às mudas conduzidas em S₃ (60% resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + 40% casca de arroz) com 10,49 cm. Provavelmente, a presença da matéria orgânica na composição do substrato (S₂), fornecido pelo esterco bovino, influenciou positivamente no crescimento das mudas. Por outro lado, o desenvolvimento das mudas conduzidas em substrato S₄ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica) foi menor quando comparado ao desenvolvimento das mudas produzidas nos outros substratos (altura de 8,58 cm). Lucena et al. (2006), trabalhando com a mesma espécie, observaram, aos 180 dias após a semeadura, menores alturas (13,2 cm) nas mudas desenvolvidas em solo utilizado como substrato e maiores alturas (41,3 cm) ao utilizar o solo + esterco bovino (1:1).

Silva Junior et al. (2014), analisando as características físicas e químicas do substrato paú de buriti, resíduo da carnaúba semidecomposto e resíduo da carnaúba + casca de arroz, observaram boas características dos mesmos (N, P, K, Ca, Mg e capacidade de retenção de água, espaço de aeração, respectivamente), podendo desempenhar bons resultados como substrato para produção de mudas.

Substratos que contêm maior percentual de matéria orgânica apresentam boa capacidade de retenção de água e aeração, além da quantidade de nutrientes disponíveis para a planta (Araújo Neto et al., 2002).

A altura e o diâmetro do coleto estão entre os mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento de mudas (Carneiro, 1995). Além disso, na fase de campo, os parâmetros acima são importantes para uma boa estabilidade e desenvolvimento das mudas. Oliveira et al. (2010), trabalhando com leucena, encontraram, aos 330 dias, resultados satisfatórios para altura (1,46 m) e diâmetro de coleto (9,02 mm) das mudas.

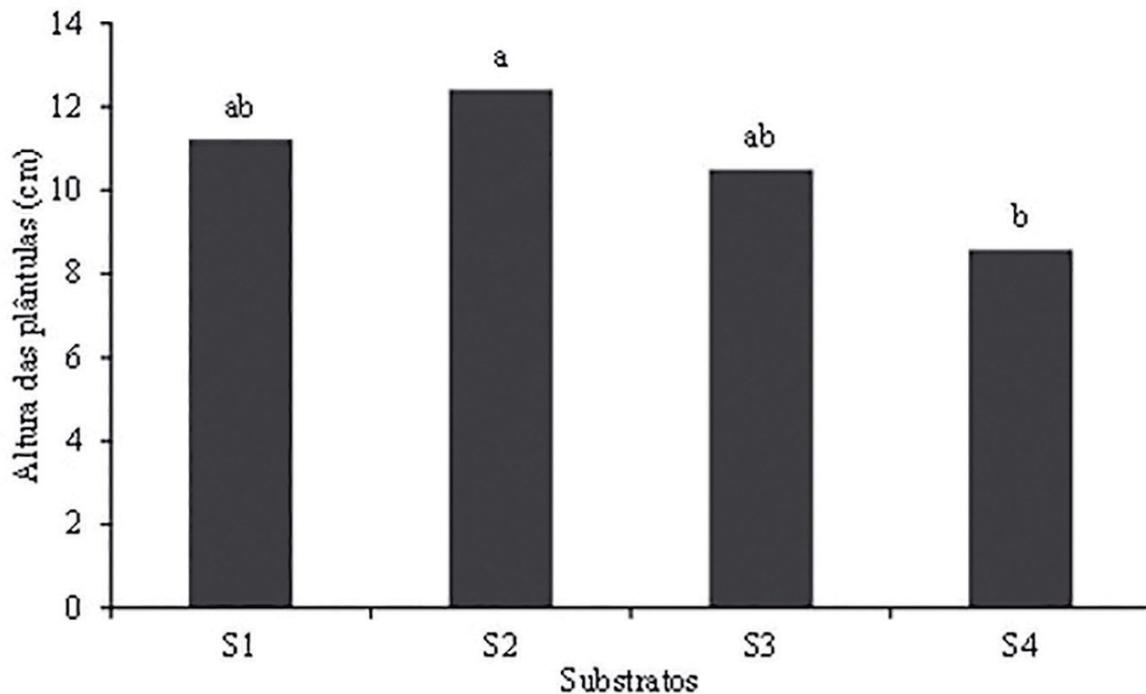


Figura 2. Alturas médias de plântulas de *L. leucocephala* produzidas em diferentes substratos: S₁ = paú de buriti; S₂ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica; S₃ = 60% resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + 40% casca de arroz (*O. sativa*) *in natura* e S₄ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica.

Figure 2. Average heights of *L. leucocephala* seedlings produced on different substrates: S₁ = paú de buriti; S₂ = 60% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 25% soil + 25% bovine manure, volumetric base; S₃ = 60% carnauba residue (*C. prunifera*) + 40% rice husks (*O. sativa*) *in natura* and S₄ = 50% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 50% soil, volumetric base.

Com relação ao peso de matéria seca do sistema radicular (Figura 3), houve diferença estatística entre os tratamentos, sendo que as mudas conduzidas no substrato S₂ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica) apresentaram, em média, os maiores valores (0,98 g.plântula⁻¹), apesar de não terem promovido diferenças estatísticas em relação às médias obtidas para as mudas produzidas em substrato S₁ (paú de buriti, originado da decomposição natural do caule da palmeira *Mauritia flexuosa*) com 0,82 g.plântula⁻¹ e S₃ (60% de resíduo de carnaúba (*C. prunifera*) + casca de arroz (*O. sativa*) *in natura*) com 0,69 g.plântula⁻¹. Os menores valores para esse parâmetro foram obtidos nas mudas produzidas no substrato S₄ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica) com

0,54 g.plântula⁻¹. Acredita-se que as raízes tenham se desenvolvido mais no substrato constituído por resíduo de carnaúba com casca de arroz em função de suas características físico-químicas (capacidade de retenção de água, espaço de aeração, volume de poros e, condutividade elétrica, N, P, K e Ca e Mg, respectivamente) resultado encontrado por Silva Junior et al. (2014), pois como afirmado por Freitas et al. (2005), o suprimento de água e nutrientes, a resistência mecânica, a aeração do solo e as interações entre esses fatores influenciam o crescimento de raízes e suas funções. Iossi et al. (2003), ao testarem diferentes substratos, verificaram que a areia e a vermiculita possibilitaram maior desenvolvimento da raiz primária de plântulas de *Phoenix oebelenii*.

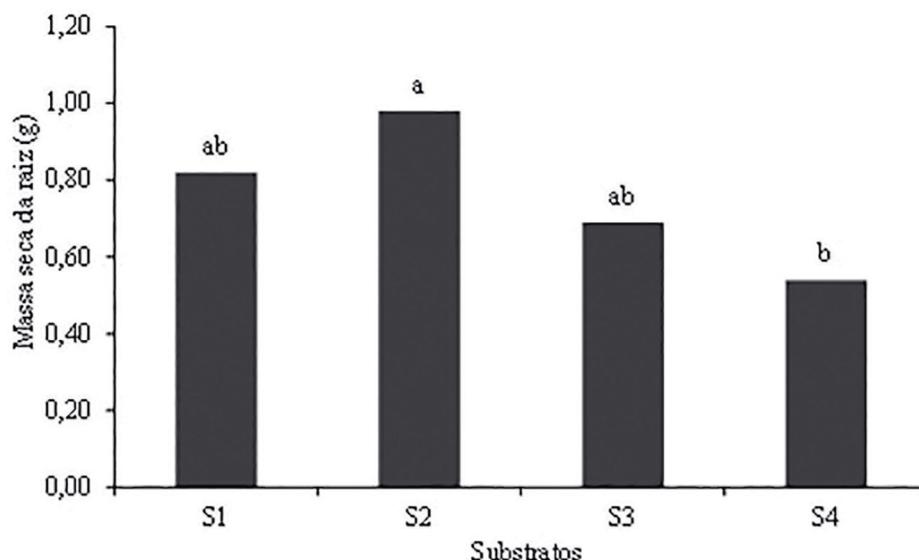


Figura 3. Peso da matéria seca do sistema radicular de mudas de *L. leucocephala* conduzidas em diferentes substratos: S₁ = paú de buriti; S₂ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica; S₃ = 60% resíduo de carnaúba + 40% casca de arroz (*O. sativa*) *in natura* e S₄ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica.

Figure 3. Dry matter weight of root system of *L. leucocephala* seedlings conducted on different substrates: S₁ = paú de buriti; S₂ = 60% decomposed carnaúba residue (*C. prunifera*) + 25% soil + 25% bovine manure, volumetric base; S₃ = 60% carnaúba residue (*C. prunifera*) + 40% rice husks (*O. sativa*) *in natura* and S₄ = 50% decomposed carnaúba residue (*C. prunifera*) + 50% soil, volumetric base.

Quanto à produção de matéria seca total, nota-se que ocorreu uma diferença estatística entre os tratamentos (Figura 4). As mudas produzidas nos substratos S₁ (paú de buriti, originado da decomposição natural do caule da palmeira (*M. flexuosa*) e S₂ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica) apresentaram os maiores valores deste parâmetro (ambos 2,90 g), em comparação às mudas conduzidas nos outros substratos testados. Por outro lado, as mudas produzidas em substrato S₄ (50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica) apresentaram menores médias (1,57 g) de peso de matéria seca total. O maior acúmulo de matéria seca das mudas confere maior suporte ao seu desenvolvimento inicial em campo, características fornecidas pelos substratos S₁ e S₂. Entre as partes da planta, o caule contribui significativamente para o peso de matéria seca da parte aérea, e quando bem desenvolvido confere uma melhor resistência aos períodos de déficit hídrico no campo, devido ao acúmulo de reservas

(Lima et al., 2006). Para Gomes e Paiva (2004), o peso de matéria seca é um bom indicativo da capacidade de resistência das mudas nas condições de campo.

Amaral et al. (2016) afirmam que o resíduo de carnaúba decomposta apresenta potencial na composição de substratos para produção de mudas de leucena. Além disso, segundo Silva Júnior et al. (2014), a utilização do paú de buriti, material originado da decomposição natural do caule da palmeira buriti (*M. flexuosa*) e bagana de carnaúba (*C. prunifera*) – resíduo das fábricas que extraem o pó cerífero das folhas da carnaúba na região do Nordeste brasileiro – é uma boa oportunidade para desenvolver materiais regionais com potencial. A aquisição desses substratos não caracteriza exploração da palmeira de buriti e muito menos da carnaúba, tendo em vista que o paú de buriti é obtido da palmeira já em estado de decomposição natural e o substrato a base de carnaúba é adquirido de resíduos. A destinação desses materiais como potenciais substratos na produção de mudas consiste no reaproveitamento dos resíduos.

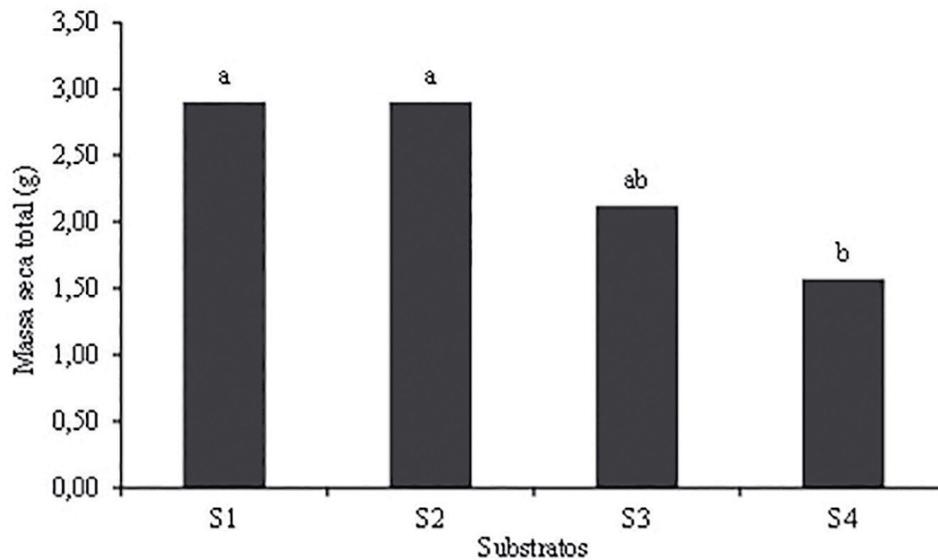


Figura 4. Peso da matéria seca total de mudas de *L. leucocephala* produzidas em diferentes substratos: S₁ = paú de buriti; S₂ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 25% solo + 25% esterco bovino, base volumétrica; S₃ = 60% resíduo de carnaúba + 40% casca de arroz (*O. sativa*) *in natura* e S₄ = 50% resíduo de carnaúba decomposta (*C. prunifera*) + 50% solo, base volumétrica.

Figure 4. Total dry matter weight of *L. leucocephala* seedlings produced on different substrates: S₁ = paú de buriti; S₂ = 60% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 25% soil + 25% bovine manure, volumetric base; S₃ = 60% carnauba residue (*C. prunifera*) + 40% rice husks (*O. sativa*) *in natura* and S₄ = 50% decomposed carnauba residue (*C. prunifera*) + 50% soil, volumetric base.

Oliveira et al. (2010), analisando a sobrevivência da leucena em campo, obtiveram resultados satisfatórios com 91,6% de sobrevivência das mudas avaliadas por um período entre 30 e 330 dias após o plantio. Esses resultados também foram encontrados por Shelton (2001) avaliando a sobrevivência, os autores afirmam ainda que a leucena é resistente a seca e de fácil adaptação a solos de baixa fertilidade.

A leucena é uma espécie exótica com potencial para recuperação de áreas degradadas por apresentar características de adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima, desenvolvimento rápido, além de fixação de nitrogênio, contribuindo para os atributos químicos e biológicos do solo (Decker, 2008). Por apresentar tais características, necessita de cuidados ao planejar a recuperação de uma área com introdução de tal espécie, pois por ser exótica não deve ser dominante na área, visto que pode se tornar um problema futuro na área. Sua utilização se justifica principalmente pelos atributos citados,

pois promove a recuperação das características químicas e físicas do solo.

4 CONCLUSÕES

A emergência e o crescimento inicial de plântulas de *L. leucocephala* são positivamente influenciados ao se fazer uso de substratos que contenham matéria orgânica em sua composição.

Os substratos paú de buriti e resíduo de carnaúba decomposta + solo + esterco bovino são materiais potenciais para produção de mudas de *L. leucocephala*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, R.S. et al. Estádio de maturação dos frutos e substratos na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 227-230, 2006.

AMARAL, F.H.C. et al. Growth of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit favored by organic waste in the Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 612-617, 2016.

ARAÚJO FILHO, J.A. de. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim – CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

ARAÚJO NETO, S.E. et al. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo com uso de diferentes substratos e recipientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF. 1 CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 365 p..

CALDEIRA, M.V.W. et al. Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Revista Floresta**, v. 23, n. 12, p. 77-84, 2012.

DECKER, V. **Avaliação da intensidade luminosa na germinação e no desenvolvimento de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit)**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Estado do Paraná – UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Leucena (*Leucaena* spp.) legumineira** – cultura forrageira para produção de proteína. São Paulo: Embrapa Gado de Corte, 2006.

FREITAS, T.A.S. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais** – propagação sexuada. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRA, R.M. Atributos físicos e Químicos de Substratos Compostos por Biossólidos e Casca de Arroz Carbonizada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

IOSSI, E. et al. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 63-69, 2003.

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, Curitiba.

_____; WENDLING, A.C.N.; SOUZA, P.V.D. Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii*. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 607-621, 2013.

LABORIAU, L.G.; VALADARES, M.B. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, São Paulo, v.48, p.174-186. 1976.

LIMA, E.P.C. **Florística e estrutura de uma área degradada por garimpo de ouro abandonado e do remanescente florestal de entorno, no município de Alta Floresta/MT.** 2008. 72 f. Dissertação (Especialização em Ciências Ambientais) – Departamento de Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres.

LIMA, J.D.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S. Efeito da luz no crescimento de plântulas de *Virola surinamensis* (Rol.) Warb. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 8, 2006.

AMARAL, G.C. et al. Emergência e crescimento de plântulas de *Leucaena leucocephala* em diferentes substratos.

LUCENA, A.M.A; GUERRA, H.O.C; CHAVES, L.H.G. Desenvolvimento de mudas de leucena e flamboyant em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, v. 1, n. 2, p. 16-23, 2006.

MACIEL, A.L.R.; SILVA, A.B.; PASQUAL, M. Aclimação de plantas de violeta (*saintpaulia ionantha* wendl) obtidas in vitro: efeitos do substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 9-12, 2000.

MAGUIRE, J.D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M.L.A. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernades - Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p. 164-173, 1999.

OLIVEIRA, P.D. et al. Estabelecimento de sistema silvipastoril com leucena em unidade de produção familiar no sudeste do Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 6, n. 11, p. 1-7, 2010.

SHELTON, H.M. Potenciais e limitações de *Leucaena* spp. para uso em sistemas silvipastoris. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 379-398.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7., 2009, Orlando. **Proceedings...** Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. 1 CD-ROM.

SILVA JÚNIOR, J.V. et al. Aproveitamento de materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. **Revista Ciência Agromônica**, v. 45, n. 3, p. 528-536, 2014.

TELES, M.M. et al. Métodos para quebra da dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 387-391, 2000.

VIANA, T.V.A. et al. Estudo da aptidão agroclimática do Estado do Piauí para o cultivo da aceroleira. **Ciência Agrônômica**, v. 33, n. 2, p. 5-12, 2002.

**EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE EM CLONES DE
Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake¹**

**EFFICIENCY OF EARLY SELECTION IN
Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake CLONES**

João Gabriel Zanon PALUDETO²; Regiane Abjaud ESTOPA³;
Evandro Vagner TAMBARUSSI^{2,4}

RESUMO – Esta pesquisa objetivou estimar a eficiência da seleção precoce em clones de *Eucalyptus* “urograndis”. Para isto, avaliou-se um teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake localizado no município de Telêmaco Borba, PR. O diâmetro à altura do peito – DAP (centímetros) e altura – ALT (metros) foram mensurados aos três e aos nove anos e meio de idade. O experimento foi delineado em blocos completos casualizados com 68 tratamentos (Clones), sendo quatro testemunhas (materiais operacionais). Os ganhos foram estimados por meio dos valores genotípicos obtidos pelos BLUPs nas intensidades de seleção de 10% e 30%. Os componentes de variância, estimados via método REML, foram utilizados na estimação dos parâmetros genéticos. O coeficiente de herdabilidade média de clones (\hat{h}_c^2) para os caracteres mostrou-se semelhante (0,88 e 0,91 para DAP e 0,72 e 0,89 para H aos três e nove anos e meio, respectivamente) nas duas idades avaliadas e superior ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (\hat{h}_g^2). Os ganhos genéticos variaram de 3,25% para H a 20,58% para DAP aos três anos. A eficiência da seleção precoce – ESP chegou a 100%, mostrando-se eficaz. As correlações genotípicas (\hat{r}_g) variaram entre 0,64 (DAP aos três anos x H aos nove anos e meio) a 0,79 (DAP aos três anos x H aos três anos). Desse modo, recomenda-se realizar a seleção precoce aos três anos de idade para ambas as intensidades de seleção, o que proporcionará então, ganhos muito próximos aos da seleção direta.

Palavras-chave: teste clonal; correlações genotípicas; ganhos genéticos; BLUP.

ABSTRACT – This research aimed to estimate the early selection efficiency in clones of *Eucalyptus* “urograndis”. So, a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake located in the city of Telêmaco Borba, PR, was evaluated. The diameter at breast height – DBH (centimeters) and height – H (meters) were measured at three and nine and a half years of age. The experiment was a randomized block design with 68 treatments (Clones), four of which were the control (operational material). The gains were estimated using the genotypic value obtained by BLUPs at selection intensities of 10% and 30%. The average heritability of clones (\hat{h}_c^2) for the characteristics were similar (0.88 e 0.91 for DBH and 0.72 e 0.89 for H at three and nine and a half years of age, respectively) at the two evaluated ages and greater than broad sense heritability (\hat{h}_g^2).

¹Recebido para análise em 24.06.2017. Aceito para publicação em 30.10.2017.

²Universidade Estadual do Centro-Oeste, BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000, Irati, PR Brasil.

³Klabin S.A, Avenida Brasil, nº 26, Bairro Harmonia, 84275-000, Telêmaco Borba, PR, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Evandro Vagner Tambarussi – tambarussi@gmail.com

The efficiency of early selection – ESP reached values of 100%, proving to be effective. Genotypic correlations (\hat{r}_g) ranged from 0.64 (DBH at three years x H at nine years and a half) to 0.79 (DBH at three years x H at three years). Thus, it is recommended to perform the early selection at three years of age for both selection intensities, providing gains very close to those of the direct selection.

Keywords: clonal test; genetic correlations; genetic gains; BLUP.

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2015, o Brasil manteve a liderança no ranking global de produtividade florestal (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016). Os plantios de eucalipto oriundos de empresas florestais brasileiras atingiram uma produtividade média de 36 m³/ha/ano, sendo que nos últimos cinco anos a produtividade aumentou em média 0,7% ao ano (IBÁ, 2016). Desde 1980, a eucaliptocultura brasileira baseia-se, principalmente, no cultivo do híbrido *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, conhecido popularmente como *Eucalyptus* “urograndis” (Braga, 2008). Esse híbrido reúne características de rápido crescimento em altura, atribuída à espécie *E. grandis*, e alto incremento diamétrico, atribuído à *E. urophylla*, resultando em maior rendimento e qualidade da madeira (Brigatti et al., 1980).

O aumento de produtividade das plantações de eucaliptos está relacionado ao avanço do conhecimento das técnicas silviculturais e ao avanço dos programas de melhoramento genético. As técnicas de hibridação e clonagem foram de grande importância no avanço do melhoramento florestal. Com a seleção de indivíduos para clonagem, a variância genética total ($\hat{\sigma}_g^2$) é totalmente aproveitada, possibilitando atingir o ganho máximo em uma geração de melhoramento (Higashi et al., 2000; Bison, 2004; Teixeira et al., 2013).

Considerada uma etapa fundamental do melhoramento florestal, o teste clonal consiste em um ensaio que visa confirmar e comparar o desempenho de clones selecionados, a partir de um delineamento experimental pré-estabelecido, situados em locais que representem as condições para futuros plantios operacionais (Flampton e

Foster, 1993). Além de avaliar o desempenho de diferentes clones, os testes clonais têm por objetivo estudar a interação “clone x ambiente” e estimar parâmetros genéticos a fim de demonstrar a performance da futura floresta clonal (Xavier et al., 2009).

Um ciclo de seleção clonal pode durar de sete a oito anos para os eucaliptos. Assim, uma ferramenta muito útil na redução desse tempo é a seleção precoce (Tambarussi et al., 2017). Essa técnica proporciona maior rapidez aos programas de melhoramento, diminuindo o tempo do ciclo de seleção e, conseqüentemente, aumentando o ganho por unidade de tempo (Pereira et al., 1997; Gonçalves et al., 1998). Diversos autores vêm-se preocupando com a eficiência da seleção em espécies florestais, e concordam que, para aumentar o ganho genético por unidade de tempo, a seleção precoce é importante na maioria dos programas de melhoramento (Kageyama, 1983; Diao et al., 2016; Tambarussi et al., 2017). A correlação em diferentes idades é uma estimativa que norteia a definição da aplicação ou não de seleção precoce (Kageyama e Vencovsky, 1983; Lambeth, 1980; Magnussen, 1988; Diao et al., 2016). A correlação pode ser estimada fenotípica ou genotipicamente, sendo definida como uma quantificação da magnitude da associação genotípica de caracteres entre indivíduos (Falconer e Mackay, 1996).

Desse modo, a presente pesquisa teve por objetivo estimar a correlação fenotípica e genotípica entre as idades em clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, bem como estimar os ganhos com a seleção e a eficiência da seleção precoce.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Experimental

Os dados utilizados foram cedidos pela empresa Klabin S/A. e são oriundos de um teste clonal de *Eucalyptus grandis*, W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. O material genético de *E. grandis*, que foi utilizado neste experimento, é originário de *Coffs Harbour* – NSW, Austrália, e o de *E. urophylla*, de Ilha das Flores, Indonésia. A empresa implantou este teste na fazenda Monte Alegre (24°20'15"S, 50°24'40"W, a 750 m de altitude e relevo plano), localizada no município de Telêmaco Borba, estado do Paraná. Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima enquadra-se como Cfb, (temperatura média do mês mais frio de 16,3 °C, temperatura média do mês mais quente de 23,2 °C e média anual de precipitação pluviométrica de 1.478 mm). O ensaio foi implantado em Latossolo Vermelho Distrófico Típico, no espaçamento de 3,0 m x 3,0 m com 64 clones de *E. "urograndis"*, e quatro testemunhas, sendo dois clones de *E. grandis*, um de *E. saligna* Sm. e um de *E. "urograndis"*. O delineamento utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com 30 repetições e uma planta por parcela, totalizando 2.040 indivíduos em uma área de 1,84 ha. No experimento, foram avaliados os caracteres altura total – ALT (metros) e diâmetro à altura do peito diâmetro à altura do peito – DAP (centímetros) aos três e aos nove anos e meio de idade.

2.2 Análise de Variância (ANOVA)

Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos, bem como o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias do experimento, ambos com o auxílio do software estatístico SAS (SAS, 1999).

Para testar a hipótese da existência de variância genética total entre os clones, foi realizada análise de variância para cada caractere. O delineamento usado foi o de blocos ao acaso segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + B_j + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} é o valor fenotípico do j -ésimo bloco, do i -ésimo clone; μ é a média geral; c_i é efeito do i -ésimo clone, considerado como aleatório; b_j é o efeito do j -ésimo bloco; e_{ijk} é o efeito da interação entre o i -ésimo clone e o j -ésimo bloco (erro entre).

A análise de variância foi estruturada a fim de estimar os seguintes parâmetros genéticos e ambientais: $\hat{\sigma}_g^2$ = análogo da variância genética entre clones e $\hat{\sigma}_e^2$ = variância ambiental pelo método REML (Máxima Verossimilhança Restrita) utilizando o procedimento MIXED do software estatístico SAS (SAS, 1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para 64 clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e quatro testemunhas (dois clones de *Eucalyptus grandis*, um de *Eucalyptus saligna* e um de *E. "urograndis"*) e seus respectivos componentes de variância.

Table 1. Analysis of variance for 64 clones of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake and four checks (two clones of *Eucalyptus grandis*, one of *Eucalyptus saligna* and one of *E. "urograndis"*) and their respective components of variance.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	QM	E(QM)
Blocos	I-1	QM _b	–
Clones	J-1	QM _g	$\hat{\sigma}_e^2 + K\hat{\sigma}_g^2$
Erro entre	(I-1) (J-1)	QM _e	$\hat{\sigma}_e^2$
Total	JI-1	–	–

2.3 Estimativas de Parâmetros Genéticos

As análogas das herdabilidades no sentido amplo ($\hat{h}_g^2 = \frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2}$) e média de clones ($\hat{h}_c^2 = \frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{K}}$) foram estimadas a partir das variâncias previamente obtidas.

A acurácia (\hat{r}_{ac}) foi estimada segundo Resende (2002). Este autor diz que ao considerar os efeitos de tratamentos como aleatórios, o estimador da acurácia é dado por: $\hat{r}_{ac} = \sqrt{\frac{b\hat{h}_c^2}{1+(b-1)\hat{h}_c^2}}$, em

que $b =$ é o número de blocos e $\hat{h}_c^2 = \sqrt{\frac{\hat{\phi}_g^2}{\hat{\phi}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{K}}}$.

Da fórmula anterior, obtemos que a acurácia é dada por $\hat{r}_{ac} = \sqrt{\hat{h}_c^2}$. O coeficiente de variação genotípico ($CV_{\hat{g}} = \frac{\sqrt{\hat{\phi}_g^2}}{\bar{m}} \cdot 100$) e o coeficiente de variação experimental ($CV_{\hat{e}} = \frac{\sqrt{Qm_{residuos}}}{\bar{m}} \cdot 100$) também foram estimados.

2.4 Estimativa de Ganhos e Correlações

Os ganhos foram estimados nas intensidades de seleção de 10% e 30%, por se tratar de procedimento-padrão da empresa. Essas estimativas foram realizadas a partir dos valores genotípicos obtidos pelo método BLUP (Melhor Predição Linear não Viesada) utilizando o PROC MIXED (SAS, 1999). As correlações fenotípicas foram estimadas empregando o PROC CORR implementado também no software estatístico SAS (1999), que utiliza a correlação de Pearson como procedimento-padrão. As correlações genotípicas (\hat{r}_g) entre os caracteres nos diferentes anos foram avaliadas em nível de médias de parcelas, usando a equação:

$$\hat{r}_g = \frac{\hat{\phi}_{g(x,y)}^2}{\sqrt{\hat{\phi}_{gx}^2 \hat{\phi}_{gy}^2}}$$

sendo:

$\hat{\phi}_{gx}^2$, $\hat{\phi}_{gy}^2$ = estimadores do componente quadrático associado à variância genotípica dos caracteres X e Y respectivamente;

$\hat{\phi}_{g(x,y)}^2$ = produtório genotípico cruzado dos caracteres x e y, obtidos pela relação:

$$\hat{\phi}_{g(x,y)}^2 = \frac{PMC_{x,y} - PMR_{x,y}}{r}$$

Em que:

$PMC_{x,y}$, $PMR_{x,y}$ = produtos médios de clones e do resíduo, respectivamente, para a variável XY;

r : número de repetições.

A fim de estimar os produtos médios de clones e dos resíduos para a estimativa do produtório genotípico cruzado, deve-se criar a variável XY, que consiste na somatória dos valores de X e Y e posterior obtenção dos quadrados médios para o seguinte método de estimação:

$$PMC_{x,y} = COV_g(X,Y) = \frac{QMC_{xy} - (QMC_x + QMC_y)}{2};$$

$$PMR_{x,y} = COV_r(X,Y) = \frac{QMR_{xy} - (QMR_x + QMR_y)}{2}.$$

Em que:

QMC_x e QMR_x = quadrados médios dos clones (genotípico) e dos resíduos para X, respectivamente; QMC_y e QMR_y = quadrados médios dos clones (genotípico) e do resíduo para a variável XY.

Para avaliar a eficiência da seleção precoce (ESP), foi utilizada a metodologia de Cruz e Regazzi (1994):

$$ESP = \frac{GS_{j(i)}}{GS_j}$$

Em que:

$GS_{j(i)}$ = ganho indireto no caractere j a partir da seleção no caractere i;

GS_j = ganho direto no caractere j.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises de Parâmetros Genéticos

As variâncias apresentaram homocedasticidade e os erros mostraram-se independentes e normalmente distribuídos. A análise de variância indicou a existência de variação significativa a 1% de probabilidade entre os clones para os dois caracteres avaliados.

Isso indica a possibilidade de obter ganhos com a seleção. As médias para DAP e ALT aos três e nove anos e meio de idade foram de 14,16; 17,99 e 21,99 e 30,43, respectivamente (Tabela 2).

As herdabilidades médias de clones (\hat{h}_c^2) apresentaram valores elevados para ambos os caracteres aos três e nove anos e meio de idade. Esses valores, além de elevados, foram similares entre caracteres e idades (0,88 e 0,91 para DAP e 0,72 e 0,89 para ALT aos três e nove anos e meio, respectivamente) (Tabela 2). A classificação das herdabilidades foi baseada em Resende (1995),

que considera que os valores variando de 0,01 até 0,15 são baixos, valores entre 0,15 a 0,50 são medianos e estimativas superiores a 0,50 são altas. Desse modo, pode-se inferir que há alto controle genético para ambos os caracteres e idades, potencializando o ganho com a seleção. Os valores das estimativas de coeficientes de herdabilidade média (\hat{h}_c^2) e no sentido amplo (\hat{h}_g^2), estimados aos três anos de idade, estão em concordância com os da literatura (Rosado et al., 2012). Massaro et al. (2010) também encontraram estimativas similares às aqui reportadas em clones de *Eucalyptus* spp. aos dois, quatro e seis anos de idade.

Tabela 2. Quadrados médios e parâmetros genéticos estimados para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) em teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos três e nove anos e meio de idade em Telêmaco Borba, estado do Paraná.

Table 2. Mean squares and genetic parameters estimated for diameter at breast height – DBH (cm) and height – H (m) in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake at age three and nine and a half years in Telêmaco Borba, state of Paraná.

Fontes de Variação	Caracteres			
	3 anos		9,5 anos	
	DAP (cm)	ALT (m)	DAP (cm)	ALT (m)
Bloco	20,55 ^{ns}	23,44 ^{ns}	64,65 ^{ns}	105,83 ^{ns}
Clones	45,59**	20,79**	305,10**	374,82**
Resíduo	6,06	6,51	33,88	48,90
σ_f^2	7,63	7,07	45,16	62,49
$\hat{\sigma}_e^2$	6,06	6,51	33,87	48,90
$\hat{\phi}_g^2$	1,57	0,56	11,29	13,59
\hat{h}_g^2	0,20	0,09	0,25	0,22
\hat{h}_c^2	0,88	0,72	0,91	0,89
\hat{r}_{ac}	0,94	0,84	0,95	0,94
$C\hat{V}_g$ (%)	8,85	4,24	15,27	12,11
$C\hat{V}_e$ (%)	17,38	14,44	26,47	22,98
\hat{b}	0,51	0,29	0,58	0,53
Média	14,16	17,67	21,99	30,43

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste *F*; ^{ns}: não significativo; σ_f^2 e $\hat{\sigma}_e^2$: estimativas de variância fenotípica e ambiental, respectivamente; $\hat{\phi}_g^2$: estimativa do componente quadrático associado à variabilidade genotípica; \hat{h}_g^2 : herdabilidade no sentido amplo; \hat{h}_c^2 : herdabilidade média entre clones; \hat{r}_{ac} : acurácia de seleção de clones; $C\hat{V}_g$ (%): coeficiente de variação genotípica; $C\hat{V}_e$ (%): coeficiente de variação ambiental; \hat{b} : relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental ($C\hat{V}_g/C\hat{V}_e$).

** : significant at 1% of probability by test *F*; ^{ns}: not significant; σ_f^2 and $\hat{\sigma}_e^2$: estimates of phenotypic and environmental variance, respectively; $\hat{\phi}_g^2$: estimate of the quadratic component associates with genotypic variability; \hat{h}_g^2 : broad sense heritability; \hat{h}_c^2 : average heritability among clones; \hat{r}_{ac} : accuracy of clones selection; $C\hat{V}_g$ (%): coefficient of genotypic variation; $C\hat{V}_e$ (%): coefficient of environmental variation; \hat{b} : relationship between the coefficient of genetic variation and the coefficient of environmental influence ($C\hat{V}_g/C\hat{V}_e$).

Para as estimativas de acurácias (\hat{r}_{ac}), os valores variaram de 0,84 a 0,95 para DAP e ALT, respectivamente (Tabela 2). Altos valores de acurácia inferem que a seleção para estes caracteres pode ser considerada precisa, já que os valores reais, ou seja, os valores genotípicos verdadeiros que são desconhecidos, e os valores preditos são muito próximos (Costa et al., 2016). Rosado et al. (2012) e Tambarussi et al. (2017) também encontraram valores similares. Esses autores estudaram a seleção simultânea de clones de eucalipto e constataram altos valores para a acurácia seletiva para os caracteres DAP e ALT aos três anos de idade (0,93 e 0,88, respectivamente). Estimativas de acurácias em idade precoce para clones de híbridos interespecíficos de eucalipto também foram altas, 0,93, 0,96 e 0,98 para DAP e ALT aos três e sete anos (Beltrame et al., 2012). Tambarussi et al. (2017) também encontraram altos valores de acurácia (0,99 para DAP e H) em clones de *Eucalyptus* spp. nas idades de três e cinco anos de idade.

O coeficiente de variação genética (CV_g %) foi de menor magnitude para os dois caracteres aos três anos de idade (4,24% a 8,85%) em relação aos nove anos e meio de idade (12,11% e 15,27%) (Tabela 2). Pinto et al. (2014) também observaram resultados semelhantes para esses caracteres de crescimento em testes clonais de *E. urophylla*. Esses autores encontraram coeficientes de variação genética para DAP e ALT que aumentaram 6% aos seis anos de idade, em relação aos parâmetros estimados em idade precoce. Silva et al. (2013) verificaram um aumento no coeficiente de variação ao longo dos anos, obtendo 11,09% para ALT e 9,67% para DAP aos 34 meses, e, posteriormente, 22,04% para altura e 22,21% para DAP aos 64 meses, em clones de *Eucalyptus* spp. Esse fato ocorre, provavelmente, porque ao longo do tempo a crescente pressão do ambiente contribui para acentuar a maior expressão alélica, o que, conseqüentemente, acentua a variação genética em idades avançadas.

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental ($CV_g / CV_e = CV_r = \hat{b}$) foi menor que 1,0 para os dois caracteres nas duas idades. Quando essa relação é igual ou maior que 1,0, a condição é altamente favorável para a seleção (Vencovsky, 1978). Os valores encontrados neste estudo não alcançaram a unidade (1,0), isto provavelmente ocorreu devido ao material genético em questão já ter sofrido certo número de processos de seleção e, por consequência, já ter perdido parte de sua variabilidade genética pelos ciclos de melhoramento (Furlan et al., 2007). Conforme foi observado, os CV_e (%) estão dentro daqueles encontrados na literatura para os eucaliptos para essas idades e para os caracteres avaliados (Rosado et al., 2009; Rosado et al., 2012; Teixeira et al., 2013; Soares et al., 2017) (Tabela 2). No entanto, encontramos valores relativamente baixos de CV_g (%) (variaram de 4,24 a 15,27), o que influenciou nos baixos valores de \hat{b} . Resultados semelhantes foram encontrados por Kageyama e Vencovsky (1983), estudando a variação genética em progênies de *E. grandis*. Os autores encontraram valores de \hat{b} que variaram de 0,36 a 0,62 para ALT e 0,25 a 0,54 para DAP.

3.2 Estimativas de Ganhos

Como já esperado, os maiores ganhos foram obtidos com a maior intensidade de seleção. Isso ocorre devido à escolha de menor quantidade de indivíduos (superiores). Observa-se maior potencial de ganho na idade de nove anos e meio para ambas as intensidades de seleção (Tabela 3), indicando que tanto os caracteres DAP quanto altura são mais influenciados por fatores genéticos ao longo dos anos. Beltrame et al. (2012), estudando a seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto, encontraram resultados semelhantes. No estudo desses autores, o ganho percentual para DAP aumentou de 15,12% para 35,64% dos três para os sete anos.

Tabela 3. Estimativas de ganhos genéticos, percentuais e eficiência da seleção precoce nas intensidades de seleção de 10% e 30% em teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake aos três e nove anos e meio de idade em Telêmaco Borba, estado do Paraná

Table 3. Estimates of genetic and percentage gains of early selection for selection intensities of 10% and 30% in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake at three and nine and a half years of age in Telêmaco Borba, state of Paraná.

Seleção	Caracteres	MOC	MCS	GS	GS (%)	ESP (%)		
10%	DAP ₃ (cm)	DAP ₃ (cm)	14,16	16,05	1,66	11,76	100	
		DAP _{9,5} (cm)	21,97	26,94	4,52	20,58	100	
		ALT _{9,5} (m)	30,43	34,55	3,67	12,06	88,2	
	ALT ₃ (m)	ALT ₃ (m)	17,67	18,57	0,57	3,25	100	
		DAP _{9,5} (cm)	21,97	26,45	4,08	18,56	90,2	
		ALT _{9,5} (m)	30,43	34,71	3,81	12,53	91,6	
	DAP _{9,5} (cm)	DAP _{9,5} (cm)	21,97	26,94	4,52	20,58	100	
		ALT _{9,5} (m)	30,43	35,11	4,16	13,67	100	
	ALT _{9,5} (m)	ALT _{9,5} (m)	30,43	35,11	4,16	13,67	100	
		DAP _{9,5} (cm)	21,97	26,93	4,51	20,55	99,9	
	30%	DAP ₃ (cm)	DAP ₃ (cm)	14,16	15,49	1,17	8,27	100
			DAP _{9,5} (cm)	21,97	24,99	2,74	12,50	86,9
ALT _{9,5} (m)			30,43	32,96	2,25	7,39	70,0	
ALT ₃ (m)		ALT ₃ (cm)	17,67	18,34	0,43	2,43	100	
		DAP _{9,5} (cm)	21,97	24,50	2,30	10,46	72,7	
		ALT _{9,5} (m)	30,43	33,08	2,36	7,77	73,6	
DAP _{9,5} (m)		DAP _{9,5} (cm)	21,97	25,44	3,16	14,38	100	
		ALT _{9,5} (m)	30,43	33,52	2,75	9,03	85,5	
ALT _{9,5} (m)		ALT _{9,5} (m)	30,43	34,04	3,22	10,56	100	
		DAP _{9,5} (cm)	21,97	25,11	2,86	13,00	90,4	

DAP₃ e DAP_{9,5}: diâmetro à altura do peito aos três e nove anos e meio de idade, respectivamente; ALT₃ e ALT_{9,5}: altura aos três e nove anos e meio de idade respectivamente; MOC: média original dos clones; MCS: média dos clones selecionados; GS e GS (%): ganho genético absoluto e percentual, respectivamente; ESP (%): eficiência da seleção precoce.

DAP₃ and DAP_{9,5}: diameter at breast high at three and nine and a half years of age, respectively; ALT₃ and ALT_{9,5}: height at three and nine and a half years, respectively; MOC: original mean of clones; MCS: mean of the selected clones; GS and GS(%): absolute genetic gain and percentage, respectively; ESP (%): early selection efficiency.

A maior porcentagem de ganho foi observada para a seleção direta aos nove anos e meio de idade (20,58%) para DAP. Verificou-se que em maiores intensidades de seleção, a seleção precoce é mais efetiva (Tabela 3).

Em geral, os ganhos percentuais estimados proporcionados por seleção indireta ou precoce, foram muito próximos aos ganhos diretos, devido aos elevados valores de eficiência da seleção precoce. Pinto et al. (2014) concluíram que a predição de ganhos via seleção precoce para o caractere DAP, na idade de três anos, apresentou uma resposta similar à predição de ganhos diretos para a mesma variável aos seis anos de idade, devido à alta eficiência da seleção precoce. Contudo, no presente estudo, o caractere DAP, aos três anos, mostrou resultados satisfatórios na seleção direta (11,76% para 10% e 8,27% para 30%), além disso, nas intensidades de seleção de 10% e 30% apresentou 100% e 86,9% de eficiência, respectivamente, da seleção precoce em relação ao DAP aos nove anos e meio de idade. Tais resultados, aliados à facilidade de medição desse caractere, tornam o DAP aos três anos de idade o caractere mais interessante para essa prática.

3.3 Correlação Genotípica e Fenotípica

As estimativas para as correlações fenotípicas (\hat{r}_f) e genotípicas (\hat{r}_g) entre todos os caracteres, nas diferentes idades, foram de alta magnitude (Tabela 4). Esse fato indica que a seleção praticada sobre o DAP, em determinada idade, influenciará positivamente na ALT.

Falconer e Mackay (1996) sugeriram cautela ao utilizar a seleção caso dois caracteres se correlacionem negativamente. Contudo, para o presente estudo isso não ocorreu. A resposta à seleção em um determinado caractere ocorrerá no sentido desejado no caractere sob seleção indireta, já que os valores encontrados são altos e positivos.

Analisando-se as correlações, pode-se considerar que há grande porcentagem de sucesso em obter ganhos por meio de seleção indireta e/ou precoce. Recomenda-se selecionar para o caractere DAP aos três anos, pois para DAP as correlações são altas, tanto genotípicas quanto fenotípicas, com as variáveis na idade de rotação. No estudo de Beltrame et al. (2012), os autores também concluíram que seleção com base no caráter DAP aos três anos é uma estratégia viável para a identificação precoce de clones de híbridos de eucalipto com alto vigor de crescimento. Apesar das diferentes idades avaliadas (24, 36, 48 e 60 meses). Moraes et al. (2015), avaliando a seleção clonal de *Eucalyptus*, concluíram que, mesmo que as correlações genotípicas entre as idades de 24 e 60 meses sejam de valor moderado (0,75), a seleção para a variável DAP mostra-se atraente diante da possibilidade do ganho de tempo. A viabilidade da seleção precoce também foi constatada por Tambarussi et al. (2017) em clones de *Eucalyptus* spp., estes autores encontraram correlações genéticas que chegaram a 0,99 entre DAP e H aos três e cinco anos. Os autores relataram que a seleção precoce sobre o caractere DAP, em torno de três anos de idade, apresenta altos ganhos por unidade de tempo, e por isso é recomendável.

Tabela 4. Correlações genotípicas (diagonal superior – \hat{r}_g) e fenotípicas (diagonal inferior – \hat{r}_f), entre os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP e altura – ALT entre as idades de três e nove anos e meio em um teste clonal de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake em Telêmaco Borba, estado do Paraná.

Table 4. Genotypic (upper diagonal – \hat{r}_g) and phenotypic (lower diagonal – \hat{r}_f) correlations among the traits diameter at breast height – DBH and height – ALT at age three and nine and a half years in a clonal test of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake in Telêmaco Borba, state of Paraná.

	DAP ₃	ALT ₃	DAP _{9,5}	ALT _{9,5}
DAP ₃	1	0,79**	0,71**	0,64**
ALT ₃	0,71**	1	0,78**	0,70**
DAP _{9,5}	0,84**	0,67**	1	0,70**
ALT _{9,5}	0,74**	0,66**	0,88**	1

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste *t*.

** : significant at 1% of probability by test *t*.

4 CONCLUSÕES

Os clones avaliados apresentam variabilidade genética para DAP e altura aos três e nove anos e meio de idade.

A seleção em nível de clones é recomendável devido aos altos valores de herdabilidade de média de clones (\hat{h}_c^2).

A seleção precoce do DAP aos três anos é recomendada devido às altas e positivas correlações genotípicas.

5 AGRADECIMENTOS

À empresa Klabin S/A Embalagens, pelo auxílio e liberação dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BISON, O. **Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BRAGA, J.L.P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim – Aparecida – SP**. 27 f. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

BRIGATTI, R.A.M. et al. **Estudo comparativo do comportamento de alguns híbridos de *Eucalyptus* ssp.** Piracicaba: IPEF, 1980. Não paginado. (Circular Técnica, n. 123).

COSTA, R.M.L. et al. Predição de ganhos genéticos em progênies de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage por diferentes métodos de seleção. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 105-113, 2016.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 390 p.

DIAO, S. et al. Age trends of genetic parameters, early selection and family by site interactions for growth traits in *Larix kaempferi* open-pollinated families. **BMC Genetics**, v. 104, n. 17, p. 1-12, 2016.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Longman, 1996. 464 p.

FLAMPTON Jr., L.J.; FOSTER, G.S. Field testing vegetative propagules. In: AHUJA, M.R.; LIBBY, W.J. (Ed.). **Clonal forestry I, genetics and biotechnology**. Berlin: Springer Verlag, 1993. p. 110-134.

FURLAN, R.A. et al. Estrutura genética de populações de melhoramento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por meio de marcadores microssatélites. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 553-563, 2007.

GONÇALVES, P.S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetic and Molecular Biology**, v. 21, n. 4, 1998.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF, 2000. 11 p. (Circular Técnica IPEF, n. 192).

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Anual 2016**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2017.

KAGEYAMA, P.Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1983. 147 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

_____.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, v. 24, p. 9-26, 1983.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LAMBETH, C.C. Juvenile-mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. **Forest Science**, v. 26, n. 4, p. 571-580, 1980.

MAGNUSSEN, S. Minimum age-to-age correlations in early selections. **Forest Science**, v. 34, n. 4, p. 928-938, 1988.

MASSARO, R.A.M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 597- 609, 2010.

MORAES, C.M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos para la selección de clones de *Eucalyptus* en la región de Botucatu, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 27, n. 2, p. 145-153, dez. 2015.

PEREIRA, A.B. et al. Eficiência da seleção precoce em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

PINTO, D.S. et al. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 102, p. 251-257, 2014.

RESENDE, M.D.V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

_____. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

ROSADO, A.M. et al. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1653-1659, 2009.

_____. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 964-971, 2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS software**. Version 9.0. Cary, 1999.

SILVA, W. de M. et al. Eficiência da seleção precoce de clones de eucalipto avaliados na região do norte do Piauí. Resumo Expandido. In: FERREIRA, J. da S.; CONCEIÇÃO JÚNIOR, V. (Coord.). CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL – CONEFOR, 4.; SEMANA DE ENGENHARIA FLORESTAL DA BAHIA – SEEFOR, 3., 2013, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: [s.n.], 2013. 1 CD-ROM.

SOARES, I.D. et al. Estratégias de seleção de progênies de *Eucalyptus saligna* para produção de sementes melhoradas. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, p. 319-326, 2017.

PALUDETO, J.G.Z.; ESTOPA, R.A.; TAMBARUSSI, E.V. Seleção precoce em *Eucalyptus*.

TAMBARUSSI, E.V. et al. Estimativa de parâmetros genéticos para a seleção precoce em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 1-10, 2017.

TEIXEIRA, J.E.C. et al. Cruzamentos dialélicos entre clones elite de *Eucalyptus grandis* e *Euvalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 497-505, 2013.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-99.

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

**FUNCIONALIDADE ECOLÓGICA DE MODELOS DE RESTAURAÇÃO:
MICROBACIA DO RIBEIRÃO PIRAIÁ, CABREÚVA, SP¹**

**ECOLOGICAL RESTORATION FEATURE MODELS:
PIRAÍ STREAM WATERSHED, CABREÚVA, SP**

Jaqueline de Almeida SAMILA^{2,3}; Fernando Silveira FRANCO²;
Fatima Conceição Marquez PIÑA-RODRIGUES²

RESUMO – O objetivo deste estudo foi avaliar a restauração de processos ecológicos em áreas de plantio de mudas no modelo diversidade e preenchimento após 6-7 anos de implantação. Foram analisados indicadores de estabilidade, resiliência e confiabilidade, em relação a um fragmento de referência. Na maioria das áreas, não houve o retorno de processos ecológicos fundamentais para a efetiva restauração. Os indicadores que mais influenciaram a estabilidade e a resiliência foram: diversidade de funções sucessionais, riqueza, presença de epífitas, densidade, número de indivíduos por grupo sucessional e número de bifurcações. Os indicadores com piores resultados foram: cobertura do solo e serapilheira. Em conjunto, esses fatores podem ter resultado na ausência de autonomia do modelo frente às perturbações. Observou-se a necessidade de intervenções como enriquecimento, adensamento e outras ações de manejo. Desse modo, recomenda-se uma reflexão sobre os modelos adotados em outros projetos na região, com a observação mais atenta das particularidades de cada área.

Palavras-chave: indicadores; avaliação; mata ripária.

ABSTRACT – The objective of this study was to evaluate the ecological restoration processes in areas of planting of seedlings in the model diversity and filling after 6-7 years of implantation. Stability, resilience and reliability indicators were analyzed in relation to a reference fragment. In most areas, there was no return of ecological processes that are fundamental to effective restoration. The indicators that most influenced stability and resilience were: diversity of successional functions, richness, presence of epiphytes, density, number of individuals per successional group and number of bifurcations. The indicators with the worst results were: soil cover and litter. Together, these factors may have resulted in the absence of autonomy of the model against disturbances. It was observed the need for interventions such as enrichment, densification and other management actions. Thus, is recommended a reflection about the models adopted in other projects in the region, with a closer look at the characteristics of each area.

Keywords: indicators; evaluation; riparian forest.

¹Recebido para análise em 05.06.2017. Aceito para publicação em 30.10.2017.

²Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, Universidade Federal de São Carlos - Campus de Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110 – SP 264, Bairro do Itinga, 18052-780, Sorocaba, SP, Brasil.

³Autor para correspondência: Jaqueline de Almeida Samila – jaque_samilla@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

As matas ripárias são fundamentais para o equilíbrio ambiental, uma vez que protegem os rios e o solo, contribuem para a manutenção dos ecossistemas, atuam como corredores para a biodiversidade e fixam carbono quando em crescimento (São Paulo, 2002). Recuperá-las pode trazer benefícios em escala local, regional e global. A legislação federal prevê a obrigatoriedade da existência de vegetação ao longo de cursos d'água ou entorno de nascentes, porém com a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, houve redução em todas as faixas obrigatórias para restauração (Brasil, 2012).

Com base nos princípios da Sociedade Internacional para Restauração Ecológica (Society for Ecological Restoration International – SER), um ecossistema restaurado deve apresentar diversidade e estrutura próximas às de um ecossistema de referência, com espécies nativas da região, grupos funcionais, relação equilibrada com a paisagem e capacidade de suportar períodos que gerem modificações ambientais (SER, 2004). Porém, na maior parte dos projetos, acredita-se que a restauração da estrutura também leva à restauração do funcionamento do ecossistema (Engel, 2011). Em contraponto, novos estudos têm demonstrado que a diversidade funcional é mais relevante para a estabilidade dos ecossistemas do que a diversidade taxonômica (Naeem, 2006; Cadotte, 2011). A teoria denominada “Biodiversity Ecosystem Functioning – BEF”, aborda a relação entre biodiversidade e funcionamento, propondo, por meio do manejo adaptativo, aumentar o nível de funcionamento dos ecossistemas, otimizando os seus benefícios mesmo como um nível mínimo de biodiversidade (Engel, 2011).

A partir de 2006, devido ao estado avançado de degradação em que se encontravam as matas ripárias do estado de São Paulo (Rodrigues et al., 2009), o governo estadual iniciou um programa de restauração que se estendeu até 2011, com a implantação de projetos demonstrativos com métodos adotados de acordo com as condições encontradas em cada área (Uehara e Casazza, 2011).

Com base nos projetos realizados no local de estudo, entende-se que através do monitoramento de indicadores ecológicos, que são parâmetros para analisar a estrutura, função, composição e o retorno das funções ecológicas do

ecossistema, pode-se avaliar se um ecossistema em restauração aproxima-se de outro de referência (Rodrigues et al., 2009), analisando atributos essenciais como estabilidade, resiliência e confiabilidade (Masera et al., 1999). A Resolução SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014), que altera a Resolução SMA nº 08/2008 (São Paulo, 2008), determina que os órgãos e entidades ambientais monitorem o cumprimento de compromissos de recomposição da vegetação com base em indicadores ecológicos, que deverão ser medidos em campo pelos responsáveis dos projetos. Os resultados esperados indicarão se as ações previstas (como plantio de mudas, cercamento e manutenção) foram bem-sucedidas, e se a vegetação nativa veio para ficar, prestando importantes serviços ecossistêmicos para a população, como a proteção do solo e das águas, filtro biológico contra pragas agrícolas e a conservação da biodiversidade.

Neste sentido, a presente pesquisa buscou responder as seguintes questões: (a) se os modelos de restauração implantados na microbacia do ribeirão Pirai promoveram o retorno das funções ecológicas do ecossistema em um período de 6-7 anos, (b) quais fatores ou atributos foram importantes para atingir o estado atual das áreas em restauração e (c) analisar o funcionamento das estratégias adotadas, se são as mais apropriadas e o que pode ser revisto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo estão localizadas no município de Cabreúva, estado de São Paulo, na microbacia do ribeirão Pirai, região formada pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. A microbacia apresenta área de 1.890,18 hectares (São Paulo, 2006), com 28.958 hectares de vegetação natural remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (Kronka et al., 2005). O município de Cabreúva, por sua vez, está localizado a 23°18'27" de latitude e 47°07'58" de longitude, possui altitude máxima de 1.200 m e altitude mínima de 640 m, e precipitação anual de 1.400 mm (Instituto Serra do Japi, 1998), com clima tropical de altitude do tipo Cfa (Köppen, 1948), que sofre influência das massas de ar Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica (São Paulo, 2000), com temperatura média anual variando de 18 a 20 °C (Neves, 2005).

Essas mesmas áreas de estudo fizeram parte de um projeto demonstrativo de recuperação de matas ripárias implantado no ano de 2007, em que foram selecionadas 16 áreas, totalizando 18 hectares (0,95% da microbacia). Nos plantios realizados nos anos de 2007-2008, foram adotados diferentes métodos (plantio total, enriquecimento, adensamento), de acordo com as condições encontradas de cada área. O método predominante em extensão de área adotado nas propriedades participantes no município de Cabreúva foi o modelo diversidade-preenchimento (Rodrigues et al., 2009), com espaçamento 3 m x 2 m, com procedimentos de isolamento e retirada dos fatores de degradação, preparo do solo e controle inicial de competidoras, de acordo com a

Resolução SMA nº 47, de 26 de novembro de 2003 (São Paulo, 2003). Entre as 16 áreas com idade de 6-7 anos, 10 foram analisadas no ano de 2014 para o presente estudo, conforme mapa de localização (Figura 1) adaptado do original (São Paulo, 2006). Das 16 áreas participantes inicialmente, em uma delas houve desistência do proprietário, outra foi excluída por não respeitar as regras do programa e em outras 4 áreas não foi encontrada área mínima para amostragem, devido à quase total mortalidade de mudas.

As 10 áreas amostradas para este estudo estão situadas em Áreas de Preservação Permanente – APP, sendo que os respectivos métodos de restauração adotados e condições do entorno estão descritos na Tabela 1.

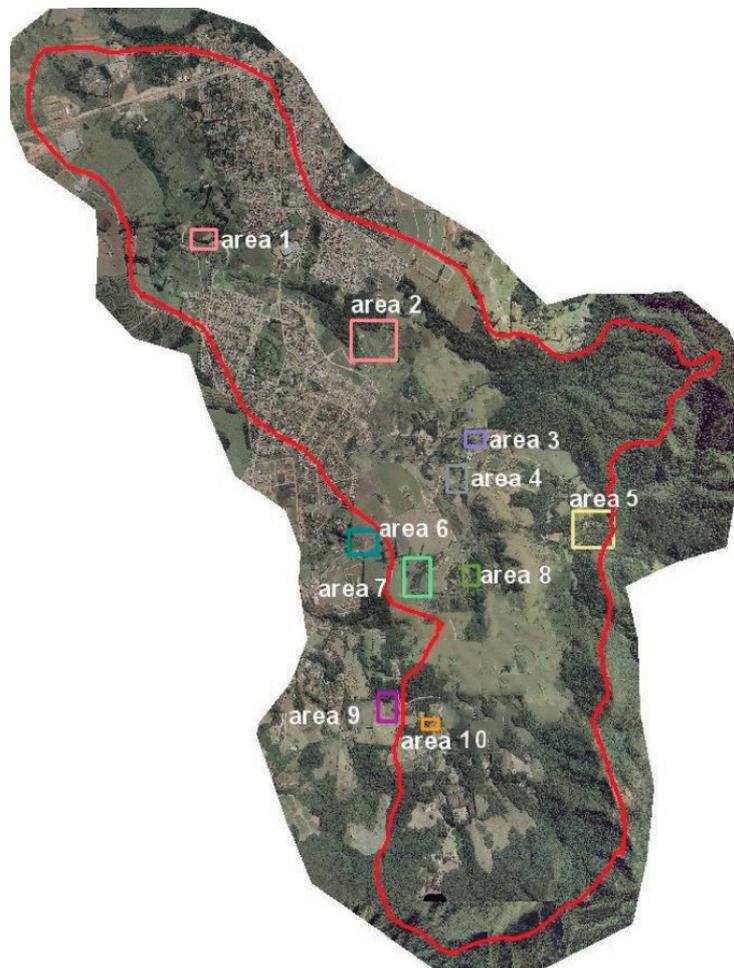


Figura 1. Croqui de localização das áreas de estudo, na microbacia do ribeirão Pirai, sem escala. Adaptado de São Paulo (2006).

Figure 1. Location sketch of the study areas, in the Pirai stream watershed, without scale. Adapted from São Paulo (2006).

Tabela 1. Áreas amostradas neste estudo, coordenadas geográficas, métodos de restauração implantados e caracterização geral das áreas e do entorno.

Table 1. Sampled areas in this study, geographic coordinates, methods of implanted restoration and general characterization of areas and surroundings.

Áreas e coordenadas geográficas (UTM fuso 23)	Métodos implantados	Caracterização da área e do entorno
Área 1 (288.815/7426.384)	Plantio total	Pomar, culturas anuais Campo úmido antrópico Próximo a fragmentos degradados
Área 2 (290.363/7425,551)	Enriquecimento e adensamento	Pastagem Próximo a fragmentos degradados
Área 3 (291.292/7424.576)	Plantio total	Campo úmido antrópico Próximo a fragmentos degradados
Área 4 (291.147/7424.226)	Plantio total Enriquecimento	Pastagem Próximo a fragmentos degradados
Área 5 (292.392/7423.825)	Plantio total Enriquecimento e adensamento	Pomar e área abandonada sem regeneração Próximo a fragmento - potencial fonte de propágulos
Área 6 (290.229/7423.619)	Plantio total Enriquecimento	Pastagem e reflorestamento com exóticas Campo úmido gerado por lago Próximo a fragmentos degradados
Área 7 (290.772/7423.315)	Plantio total Enriquecimento	Pastagem Próximo a fragmentos degradados
Área 8 (291.237/7423.359)	Plantio total Enriquecimento e adensamento	Pastagem e campo úmido Próximo a fragmentos degradados
Área 9 (291.158/7422.502)	Plantio total Enriquecimento e adensamento	Pastagem Próximo a fragmento - fonte de propágulos
Área 10 (290.895/7421.983)	Enriquecimento e adensamento	Pasto com regeneração Próximo a fragmento - fonte de propágulos

Nas áreas 1, 3, 5 e 10 os proprietários residem no local e realizam produção agrícola, enquanto os proprietários das demais possuem fontes de renda provenientes de outras atividades não agrícolas (áreas 2, 8, 9), ou não residem no local, utilizando a propriedade para descanso e lazer (áreas 4, 6, 7) Como Área de Referência – AR foi selecionado um fragmento bem conservado de Floresta Estacional Semidecidual na mesma microbacia, situada a 23°17'8" de latitude e 47°1'22" de longitude, com área total de 1.657 hectares,

situando-se em uma propriedade particular que faz parte do complexo da Serra do Japi. Utilizou-se o mesmo método de amostragem (duas parcelas de 100 m²) e mesmo conjunto de indicadores das demais áreas de estudo. A área de referência foi adotada como área de comparação dos indicadores, e não como uma área ideal que se quer atingir no final do processo de restauração, pois sabe-se que uma área em processo de restauração não ficará como um fragmento, pois já houve alteração na dinâmica local.

A amostragem de cada área de estudo e de referência foi efetuada em duas parcelas circulares de 100 m², mensurando-se a altura, circunferência à altura do peito – CAP e número de bifurcações com altura superior a 0,5 m, com identificação das espécies em campo. Para cada espécie não identificada foi coletada amostra botânica com posterior herborização para sua classificação e definição do grupo sucessional e função ecológica, consultando-se literatura especializada (Carvalho, 2008; Lorenzi, 2008; Ramos et al., 2008). Para a avaliação das áreas, foi utilizado um conjunto de indicadores baseado no método MESMIS – Marco de Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores (Masera et al., 1999) e adaptado por Fonseca (2011), sendo avaliados os processos ecológicos geradores de estabilidade

(capacidade do modelo de manter o equilíbrio ecológico), de resiliência (resposta a distúrbios do modelo) e de confiabilidade (capacidade do modelo de manter sua produtividade com o surgimento de alterações a longo prazo). Os descritores foram adaptados de acordo com Piña-Rodrigues et al. (2015), definindo-se para cada indicador cenários positivos e seus respectivos parâmetros (Tabela 2). Para cada um deles (estabilidade, resiliência e confiabilidade), foram atribuídas notas variando de zero a 1 (grau crítico ou distinto do cenário positivo), 2 (grau aceitável) e 3 (grau desejado de sustentabilidade, similar ao cenário positivo), tendo como base a Resolução SMA 08/2008 (São Paulo, 2008) em vigor na época da implantação dos projetos de restauração, para Florestas Estacionais Semidecíduais.

Tabela 2. Atributos, descritores, indicadores, cenários referenciais e parâmetros na avaliação das áreas de preservação permanente – APPs em restauração.

Table 2. Attributes, descriptors, indicators, reference scenarios and parameters in the evaluation of permanent preservation areas – APPs.

Indicadores	Cenários Referenciais	Parâmetros
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA		
Diversidade de espécies		
Diversidade de funções sucessionais das espécies	Proporção de espécies pioneiras e não pioneiras presentes no modelo.	P < NP = 3 P ± NP = 2 P > NP = 1
Diversidade de espécies arbóreas	Índice de Shannon próximo ao esperado para AR com H' = 3,34 nats.indivíduo.	H' > 3,0 = alto (3) 1,0 < H' < 2,9 = médio (2) H' < 0,9 = baixo (1)
Equitabilidade	Índice de Pielou (J') similar ao de áreas de floresta secundária da região. Valor da área de referência AR: J' = 0,91.	J' > 0,9 - alta = 3 0,5 < J' < 0,9 - média = 2 J' < 0,5 - baixa = 1
Riqueza de espécies nativas	Indesejável: baixa diversidade prejudica o estabelecimento da comunidade futura. Desejável: similar à AR = 39 espécies.	Nº espécies > 30 = 3 10 > Nº espécies < 30 = 2 Nº espécies < 10 = 1
Densidade de indivíduos arbóreos (nº.ha ⁻¹)	Indesejável: alta mortalidade, considerando a densidade de plantas recomendada pela Res. SMA 08/08. Regular: valores médios de densidade baseados na Res. SMA nº 08/08. Desejável: valores aproximados aos recomendados pela SMA nº 08/08 (1.667 ind.ha).	< 400 = 0 > 400 e < 800 = 1 > 800 e < 1200 = 2 > 1200 = 3
Nº de indivíduos/grupo sucessional	Indesejável: não atende à Res. SMA nº 08/08. Desejável: atende à Res. SMA nº 08/08.	< 40% e > 60% = 3 > 40% e < 60% = 1

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Indicadores	Cenários Referenciais	Parâmetros
ESTABILIDADE E RESILIÊNCIA		
Diversidade funcional		
Circunferência à altura do peito – CAP médio (cm) até aos 4-5 anos de idade	Indesejável: reflete crescimento lento dos indivíduos ou replantios constantes (< 5 cm). Regular: valores considerados médios de crescimentos para plantios com até 4-5 anos (10 a 15 cm). Desejável: valores considerados compatíveis com plantios de restauração de 4-5 anos (> 15 cm).	< 5 cm = 0 > 5 e < 10 cm = 1 > 10 e < 15 cm = 2 > 15 cm = 3
Altura média dos indivíduos arbóreos (m) até aos 4 - 5 anos	Indesejável: reflete crescimento lento dos indivíduos ou replantios constantes (< 0,5 m). Regular: valores considerados médios de crescimentos para plantios com até 4-5 anos (de 0,5 a 1,0 m). Desejável: valores considerados compatíveis com plantios de restauração de 4-5 anos (> 1,5 m).	< 0,5 m = 0 > 0,5 e < 1,0 = 1 > 1,0 e < 2,0 = 2 > 2,0 = 3
Nº de bifurcações	Indesejável: pode indicar problemas de excesso de luz, atraso no estabelecimento de competição ou outro fator (média > 2 bifurcações/planta). Desejável: predominância do crescimento monopodial para a maioria das espécies. Valores compatíveis aos constatados na área de referência (0,23 bifurcações/planta).	> 2 bifurcações = 0 1 a 2 bifurcações = 1 1 bifurcação = 2 Sem bifurcação = 3
Diversidade de funções ecológicas (f)	Como principais funções da floresta foram considerados: – presença de espécies adubadoras ou fertilizadoras (com interação com micro-organismos para fixação de nitrogênio); - aporte de biomassa (espécies caducifólias); – atração de fauna (espécies zoocóricas).	f (ecológica) > 3 1 < f (ecológica) < 3 = 2 1 f = mínimo = 1 Nenhuma função = 0
Epífitas	Indesejável: ausente. Desejável: presente, predomínio de posição nos terços superiores e médios dos indivíduos arbóreos.	Abundantes = 3 Regular/presentes = 2 Poucas = 1 Ausente = 0
Cipós e lianas	Indesejável: dominando a copa das árvores, em especial os terços superiores e médios. Desejável: ausente ou em equilíbrio.	Em equilíbrio = 3 Regulares = 1 Abundantes = 0
Número de estratos	Dossel: altura maior que 12 m. Subdossel: 5 a 12 m. Sub-bosque: < 5 m.	1 estrato: 1 2 estratos: 2 3 estratos: 3
CONFIABILIDADE		
Controle e Manejo		
Abertura do dossel (% de luz no solo)	Desejável: rápido desenvolvimento da cobertura de copa, pois diminui a incidência de luz no solo, fator importante no mato-competição. Indesejável: clareiras e excesso de luz no solo.	0 a 30%: baixa = 3 30 a 50%: média = 2 > 50%: alta = 1
Cobertura de copas (projeção de copas)	Desejável: rápido desenvolvimento da cobertura de copa, pois diminui a incidência de luz no solo, fator importante no mato-competição. Indesejável: clareiras e excesso de luz no solo.	0% = 0 0-25% = 1 25-50% = 2 > 50% = 3

continua
to be continued

continuação – Tabela 2
 continuation – Table 2

Indicadores	Cenários Referenciais	Parâmetros
CONFIABILIDADE		
Controle e Manejo		
% de cobertura do solo com gramíneas invasoras	Desejável: baixa densidade de invasoras é favorável ao desenvolvimento das nativas. Indesejável: presença de invasoras.	Ausente a 10% = 3 > 10 a 25% = 2 25-50% = 1 > 50% = 0
Presença de espécies exóticas (não regionais)	Desejável: baixa densidade de exóticas é favorável ao desenvolvimento das nativas. Indesejável: presença de exóticas.	Ausentes = 3 10 < N° < 15 = 2 15 < N° < 20 = 1 N° > 20 = 0
Manejo e práticas de conservação	Visitas periódicas à área pelo proprietário e práticas de manejo como controle de fogo, capinas e retirada de fatores de perturbação.	Muito visitado = 3 Pouco visitado = 2 Não visitado = 0
Presença humana	Fogo na área.	Ausência = 3 Presença recente = 1
Proteção do solo e ciclagem de nutrientes		
Cobertura do solo (estimativa do quadrante)	Cobertura do solo por vegetação nativa (visualização geral) Desejável: mais de 50% de cobertura.	> 50% = 3 15-59% = 2 < 15% = 1
Cobertura do solo com regenerantes e herbáceas	Indesejável: ausência de regenerantes e herbáceas. Regular: presença de alguns regenerantes. Desejável: presença de regenerantes e herbáceas.	1 – 25% = 0 25 – 50% = 1 50 – 75% = 2 75 – 100% = 3
Serapilheira	Serapilheira cobrindo o solo em % e altura com valores similares à uma área de floresta secundária na região (AR = 100% de cobertura e 5 cm de altura).	> que a AR = 3 Similar à AR = 2 < que a AR = 1

Fontes: Masera et al. (1999), adaptado por Fonseca (2011) e Piña-Rodrigues et al. (2015).

Sources: Masera et al. (1999), adapted from Fonseca (2011) and Piña-Rodrigues et al. (2015).

Para as estimativas de cobertura do solo com a regeneração natural, invasoras e serapilheira, foi utilizado um quadro reticulado de 0,50 m x 0,50 m subdividido em quadrantes de 0,25 m x 0,25 m, lançado quatro vezes ao acaso dentro de cada parcela, obtendo-se uma média percentual dos valores (Piña-Rodrigues et al., 2015). A amostragem da cobertura de copas indicador também recomendado pela Resolução SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014) foi realizada com o uso de trena de 25 m disposta transversalmente às linhas de plantio, medindo-se a cobertura da projeção das copas e, em seguida, transformando-a em índice percentual. Já a abertura do dossel foi baseada na projeção da área recoberta por copa realizada no centro de cada parcela amostral, medida com o auxílio de um refletor plano simples

subdividido em 40 quadrículas, onde se determina o número de quadrículas não recobertas pelo reflexo da copa em cada direção (N, S, L e O), com as médias obtidas transformadas em percentual. Os indicadores foram comparados utilizando-se gráficos de radar, para as áreas com as melhores pontuações. Tanto os índices de diversidade (H') de Shannon-Weaver (Shannon e Weaver, 1949), equitabilidade (J') de Pielou (1977), assim como a similaridade entre as áreas em relação aos indicadores foi realizada com a matriz 22 x 10 (indicadores x áreas), empregando-se o programa PAST 2.16 (Hammer, 2012). Utilizando-se o programa Statistix 8.0 (Analytical Software, 2003), foi realizada a análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis e o teste t para comparar as médias, quando $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No fragmento de referência (AR), foi verificada riqueza superior a das áreas restauradas e nenhuma delas apresentou riqueza final de 80 espécies, conforme recomendado pela Resolução SMA nº 08/2008 (São Paulo, 2008) em vigor na época dos plantios e pela atual Resolução SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014). Do mesmo modo, recomenda-se que nenhum grupo sucessional apresente mais de 40% de espécies ou mais de 60% dos indivíduos. No entanto, no presente estudo, somente as áreas 5, 6, e 10 atenderam a esses requisitos, enquanto as demais apresentaram dominância de espécies pioneiras. Para densidade, os maiores valores foram atribuídos para as áreas 4 e 10, porém foram inferiores aos 1.667 indivíduos.ha estabelecidos na Resolução SMA nº 08/2008 (São Paulo, 2008) e ao constatado na área de referência. Esses resultados são inferiores aos obtidos por Souza e Batista (2004) que constataram densidade de 2.078 indivíduos.ha em reflorestamentos com cinco anos. Contudo se assemelharam aos obtidos por Melo et al. (2007) em três reflorestamentos de 36 meses de plantio com densidades de 2.200 indivíduos.ha, 1.580 indivíduos.ha e 1.240 indivíduos.ha, mostrando que a mortalidade de indivíduos foi maior em algumas das áreas estudadas na presente pesquisa.

A diversidade de espécies na área de referência no presente estudo foi $H' = 3,34$ nats.indivíduo valor similar a outros levantamentos em Florestas Estacionais Semidecíduais, com $H' = 3,45$ (Silva e Soares, 2003), $H' = 3,37$ (Maestro e Gandolfi, 1996 – dados não publicados)⁴ e $H' = 3,45$ (Silva, 2001). Segundo Martins (1991), para as florestas do interior paulista, a diversidade (H') situa-se entre 3,16 e 3,63 nats.indivíduo. Em relação às áreas em processo de restauração,

os valores encontrados de diversidade arbórea e equitabilidade ficaram abaixo dos obtidos por Passos (1998), que observou $H' = 2,6$ nats.indivíduo e $J' = 0,8$ em mata ripária em processo de regeneração. Ainda, os valores obtidos por Souza e Batista (2004), em áreas de restauração com cinco anos, foram de $H' = 2,18$ nats.indivíduo e $J' = 0,66$. Entretanto, os valores de diversidade em 30% das áreas de restauração estudadas foram superiores aos encontrados por Durigan e Dias (1990), com $H' = 2,28$ nats.indivíduo, em áreas de mata ripária plantadas em linhas, em Floresta Estacional Semidecidual com 28 anos de idade.

Estudos realizados em fragmentos de florestas estacionais têm apresentado índices de equitabilidade (J') de 0,71 a 0,83 (Ivanauskas et al., 1999; Silva e Scariot, 2003). Neste estudo, nas áreas em restauração 3 e 5 (em que foi implantado o método de plantio total) os resultados incluem-se neste intervalo, enquanto nas demais áreas os valores de equitabilidade foram superiores à AR, sugerindo a distribuição equilibrada de indivíduos entre as espécies. De maneira geral, as áreas apresentaram problemas em relação à diversidade de espécies e densidade de indivíduos, o que pode ser resultado da alta mortalidade inicial (> 40%) na maioria das áreas. Deste modo, o indicador estabilidade do ecossistema ficará comprometido, já que é resultante da interação entre um grande número de espécies que, ao sofrerem perturbação, possibilitam às demais poderem desempenhar o papel das afetadas pelo distúrbio, mantendo a resiliência e o equilíbrio desse ecossistema e, ajustando os impactos aos seus processos ecológicos (Duarte e Bueno, 2006). Por outro lado, Engel (2011), baseada na teoria BEF, afirma que a maior biodiversidade não leva ao melhor funcionamento do ecossistema, mas sim contribui para sua estabilidade e provisão de múltiplos serviços ambientais.

⁴MAESTRO, A.L.; GANDOLFI, S. Levantamento florístico e fitossociológico de um trecho de floresta estacional semidecidual às margens do ribeirão Piracicamirim, Piracicaba, SP. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 11., 1996, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 1996. v. 1, p. 87. (não publicado).

Em relação aos indicadores de diversidade funcional, as áreas apresentaram valores de altura acima de 1,5 m que, embora seja considerado desejável para essa faixa de idade (6-7 anos), se deve ao rápido crescimento de indivíduos pioneiros o que resulta muitas vezes em um dossel menos estratificado. Apenas a Área 10 apresentou três estratos, o que pode ser atribuído ao método de enriquecimento de um fragmento preexistente nessa área em restauração, já possuindo uma certa dinâmica sucessional. Por sua vez, em relação ao número médio de bifurcações dos indivíduos arbóreos, houve crescimento monopodial para a maioria dos indivíduos, com exceção das áreas 1, 3 e 7, o que pode indicar a ocorrência de eventos gerando danos aos indivíduos em suas fases iniciais, resultantes da capina, pragas ou mesmo pelo excesso de luz.

Para o indicador de funções ecológicas das espécies, na AR há evidência de uma diversidade de funções ecológicas consideradas adequadas para o equilíbrio do ecossistema. Nas áreas de restauração, as que também apresentaram mais de três funções tiveram baixa representatividade e distribuição irregular de indivíduos nas espécies (valor de J). A zoocoria foi predominante na AR (52%), assim como nas Áreas 5 (76%) e 9 (40%). A Resolução SMA nº 08/2008 (São Paulo, 2008) em vigor na época dos plantios, recomendava que 20% das espécies utilizadas tivessem síndrome de dispersão zoocórica, em especial com uso de nativas da vegetação regional, para exercer a função ecológica de atração de fauna para as

áreas em restauração (São Paulo, 2008). Porém a Resolução SMA nº 08/2008 foi revogada pela Resolução SMA nº 32/2014, que recomendou a utilização de no mínimo 40% de espécies zoocóricas nativas regionais. De maneira geral, a porcentagem de zoocoria variou de 16%, menor valor obtido na área 7, a 76% na área 5, sendo que, mesmo com a distribuição irregular de indivíduos nas espécies, todas as áreas atenderam à Resolução SMA 08/2008 e somente 20% das áreas atenderam à Resolução SMA nº 32/2014.

A presença de epífitas só foi constatada na AR, pois as demais áreas não apresentavam ainda características de estágios mais avançados de sucessão. Segundo estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA na Resolução CONAMA nº 01/1994 (CONAMA, 1994), a presença de epífitas é um dos critérios para definição dos estágios sucessionais mais tardios da vegetação secundária. Já a presença de cipós e lianas, que são consideradas indesejáveis em áreas em processo de restauração, não foi observada nas áreas de estudo. No entanto, um estudo revelou que a presença de lianas em equilíbrio (como a situação encontrada na AR), possui funções de estabilização do microclima, facilitando a germinação e contribuindo para a biodiversidade (Engel et al., 1998).

Ao comparar a AR com as quatro áreas que tiveram as melhores pontuações em relação aos atributos de estabilidade e resiliência (Tabela 3), observa-se a similaridade dos indicadores de equitabilidade, CAP, altura média dos indivíduos arbóreos e diversidade de funções ecológicas (Figura 2).

Tabela 3. Resultados dos indicadores aplicados para avaliação das áreas de preservação permanente – APPs em comparação à Área de Referência – AR.

Table 3. Results of indicators applied to assess the permanent preservation areas – APPs compared to the Reference Area – AR.

Item	AR	Áreas									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diversidade de funções sucessionais das espécies	Pioneira										
	33	17	9	10	18	12	13	12	22	15	10
Diversidade de espécies arbóreas (H') (nats/indivíduo)	Não pioneira										
	52	5	3	4	7	9	10	2	0	0	14
Equitabilidade (J')	0,912	0,907	0,972	0,819	0,955	0,858	0,939	0,961	0,916	0,946	0,949
Riqueza de espécies nativas (nº de espécies)	39	11	8	14	15	9	15	7	8	8	20
Densidade de indivíduos arbóreos (nº.ha ⁻¹)	2225	550	300	350	625	525	575	350	550	375	675
Número de indivíduos/grupo sucessional	Não pioneira, %										
	58,4	22,73	25,75	28,57	28,00	42,86	43,48	85,71	0	0	37,04
	Pioneira										
	37,08	77,27	75,00	71,43	72,00	57,14	56,52	14,29	100,0	100,0	51,85
CAP médio (cm) até aos 4 - 5 anos de idade	29,04	30,03	18,16	29,15	30,03	24,23	25,53	12,23	21,75	31,16	33,13
Altura média dos indivíduos arbóreos (m)	8,49	5,11	3,62	6,51	4,82	4,05	7,19	3,02	4,15	6,16	5,18
Nº de bifurcações	1,12	2	1,08	2,28	1,56	1,28	1,56	1,71	1,63	1,26	1,22
Diversidade de funções ecológicas	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4
Epífitas	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cipós e lianas	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de estratos	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Luz no solo, %	0	6,25	65,4	39,4	6,25	35,2	31,2	100	78	34,6	15,3
Cobertura de copas (projeção copas) %	94	80	65	64	53	48	56	16	40	34	92
Cobertura do solo com invasoras	0	10	50	50	5	30	65	90	78	95	5
Presença de espécies exóticas (não regionais)	0	1	1	0	0	3	1	0	1	0	0
Visitado											
Manejo e práticas de conservação	muito	muito	não	pouco	pouco	muito	não	não	não	não	pouco
Presença humana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobertura do solo (quadrante) %	98	30	50	30	50	40	40	20	40	30	85
Cobertura do solo com regenerantes e herbáceas, %	50	10	20	10	20	25	20	15	20	20	50
Serapilheira, %	100	80	50	10	20	10	30	30	30	50	100

Fonte: dados da pesquisa em 2014.

Source: data from the research in 2014.

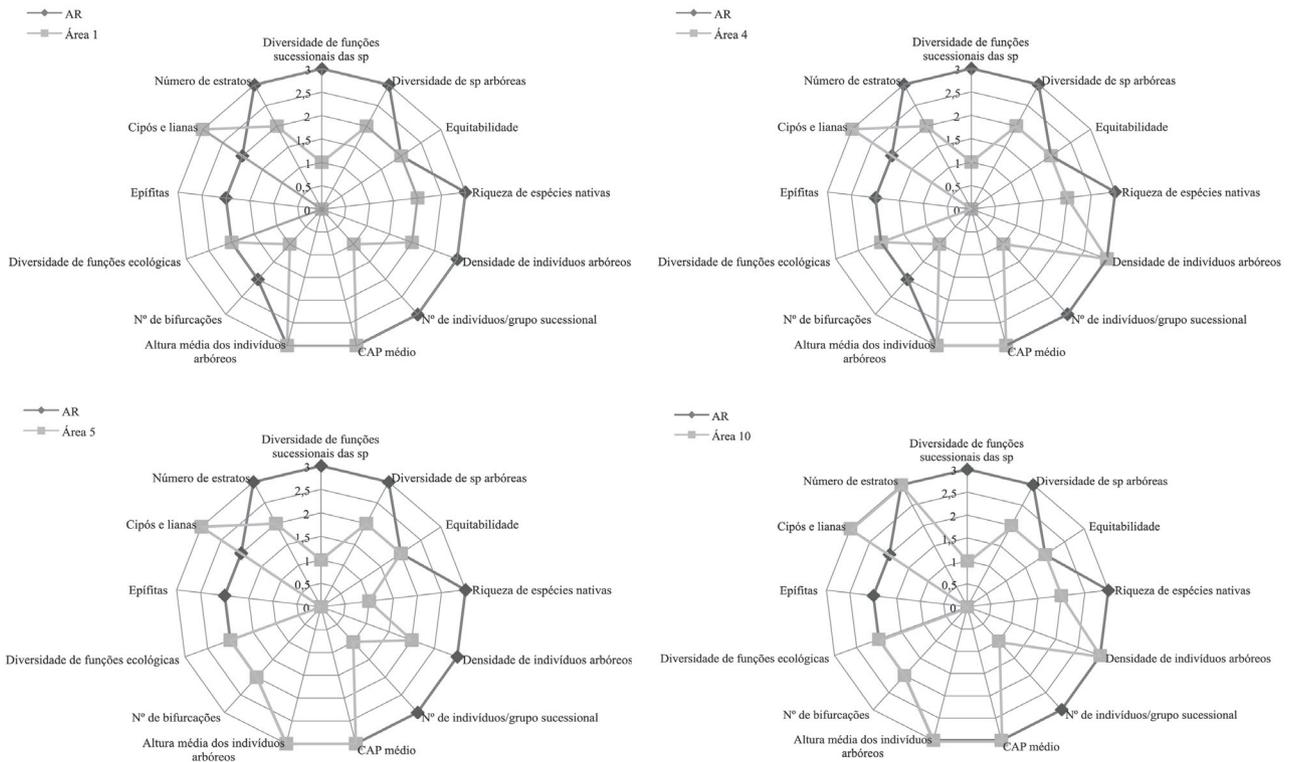


Figura 2. Áreas de APP em restauração com 6-7 anos com maiores pontuações, em comparação à Área de Referência para os atributos de estabilidade e resiliência, avaliadas no ano de 2014, em Cabreúva-SP.

Figure 2. APP Areas in restoration with 6-7 years with higher scores compared to the Reference Area for the attributes of stability and resilience, evaluated in 2014, in Cabreúva-SP.

A Área 10 foi a mais similar à AR em todos os indicadores, com exceção da serapilheira. Assim, a estabilidade e a resiliência dessa área de estudo foram influenciadas pela diversidade de espécies e de funções sucessionais, destacando-se a ausência de epífitas e o baixo número de indivíduos por grupo sucessional. Para o atributo de confiabilidade do modelo, os valores dos indicadores de incidência de luz no nível do solo, cobertura de copas, presença de espécies exóticas, manejo e práticas de conservação e presença humana negativa foram considerados adequados na AR e nas áreas 1, 4 e 10 (Figura 3). No restante das áreas, os problemas em relação à mato-competição influenciaram negativamente os indicadores de incidência de luz no solo e, em partes, a cobertura de copas e cobertura do solo por vegetação, condições que favoreceram a presença de gramíneas invasoras.

Em termos de funcionamento do modelo, os indicadores de cobertura do solo por vegetação (visualização geral em % com uso de quadrante) e serapilheira apresentaram valores considerados adequados somente na AR e na Área 10, sendo todos os demais valores abaixo de 50% de cobertura, em um cenário considerado indesejável (Tabela 2). A cobertura do solo por vegetação e serapilheira propicia condições adequadas para o estabelecimento e perpetuação das espécies, uma vez que o solo fica recoberto e protegido, inibe a mato-competição, permanece úmido e com boa quantidade de nutrientes (Davidson et al., 2004). Portanto, com exceção da Área 10, onde já havia um fragmento com certo nível de complexidade, as demais não apresentaram, em 6-7 anos, algumas das condições que propiciassem o estabelecimento da ciclagem de nutrientes, essencial para sua autossustentabilidade e resiliência.

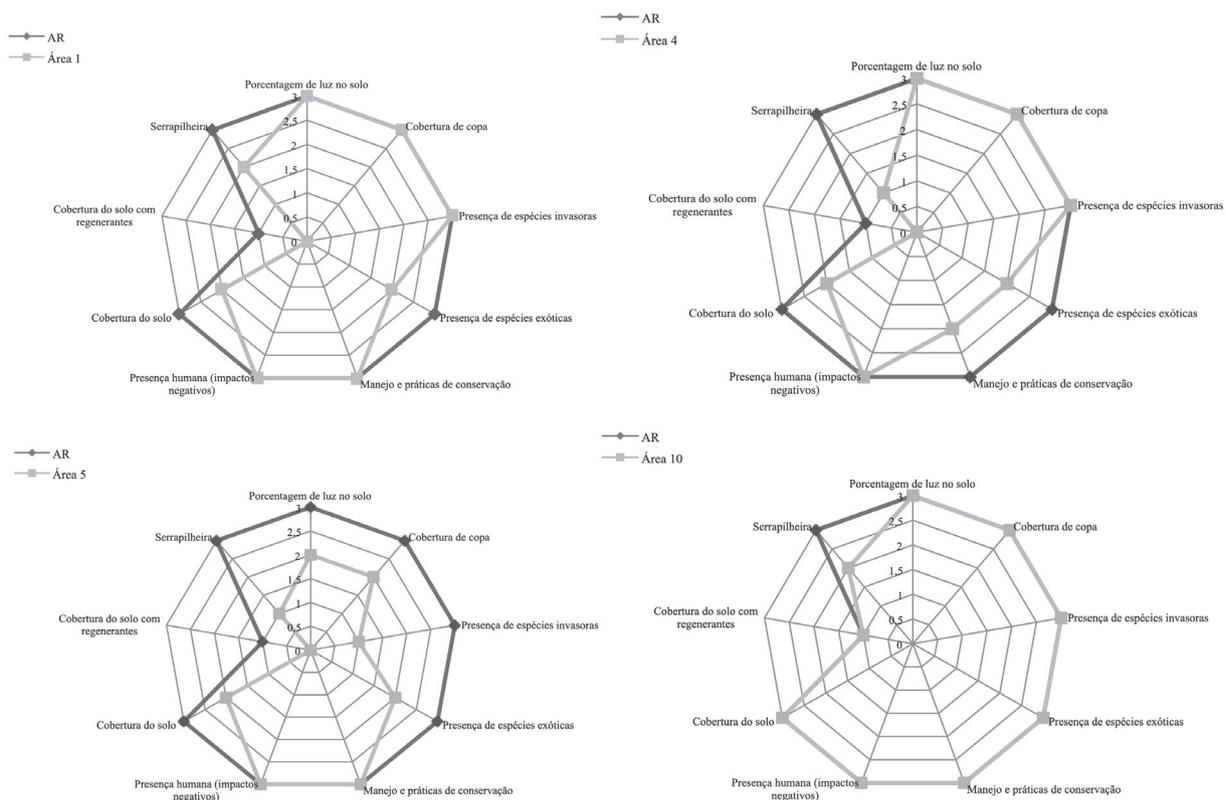


Figura 3. Áreas de APP em restauração com 6-7 anos com maiores pontuações, em comparação à Área de Referência para o atributo de confiabilidade do modelo, avaliadas no ano de 2014, em Cabreúva-SP.

Figure 3. APP Areas in restoration with 6-7 years with higher scores compared to the Reference Area for the model reliability attribute, evaluated in 2014 in Cabreúva-SP.

A resolução em vigor, ou seja, a SMA nº 32/2014 (São Paulo, 2014) recomenda que sejam avaliados três indicadores principais, sendo que dois deles se referem à regeneração natural (nº de espécies nativas regenerantes e densidade de indivíduos nativos regenerantes), além do indicador cobertura do solo, eliminando também a necessidade de identificação das espécies, por entender que se tratam de importantes indicadores para avaliar áreas em processo de restauração e são de fácil entendimento e aplicação em campo pelos proprietários de terra ou pessoas envolvidas. Observando os valores intermediários de referência para o monitoramento de áreas em processo de restauração pela Resolução SMA nº 32/2014 em áreas com até 5 anos (valor que mais se enquadra as áreas de estudo), podemos analisar que o indicador cobertura do solo por vegetação nativa (%) na área de referência e na área 10 enquadrou-se no parâmetro adequado. As demais áreas obtiveram parâmetro mínimo.

Ao analisar os resultados do indicador cobertura do solo por regeneração natural, percebemos que se excetuando a área 10, a presença de regenerantes apresentou-se pouco expressiva em todas as demais áreas (abaixo de 25%), valor considerado dentro do parâmetro crítico – indicado pela Resolução SMA nº 32/2014. A regeneração natural é de grande importância em uma área em processo de restauração, pois mostra a perpetuação das espécies ao longo do tempo, sua capacidade de regeneração e formação do banco de sementes e a capacidade de resiliência de um ecossistema degradado ou dos estágios sucessionais das florestas (Magnago et al., 2012). Contudo, Melo et al. (2007) relataram que até os 7 anos de implantação, a vegetação regenerante é, em geral, incipiente.

Em relação à confiabilidade do modelo, embora práticas de manejo tenham sido realizadas, estas não foram eficientes no controle de gramíneas invasoras até aos 6-7 anos. Os indicadores de estabilidade, em especial os de diversidade de espécies e os de confiabilidade, também demonstraram a ausência de regeneração natural, a falta de cobertura do solo e a presença escassa de serapilheira. Para avaliar essa condição, a Resolução SMA nº 32/2014 passou a exigir do restaurador o monitoramento periódico, nos períodos de 3, 5, 10, 15 e 20 anos até que a recomposição tenha sido atingida.

A análise de agrupamento gerou a formação de três grupos (Figura 4), sendo o grupo A formado pelas áreas que apresentaram maior similaridade com a AR (1, 10 e 4, respectivamente). Nesse grupo, os indicadores que mais influenciaram foram os de estabilidade e

resiliência do modelo (diversidade, densidade, equitabilidade, CAP médio e altura) e a cobertura de gramíneas invasoras. O grupo B foi composto pelas áreas 3 e 5, devido à semelhança dos indicadores de diversidade, equitabilidade e cobertura média por serapilheira. Por sua vez, o grupo C foi formado pelas áreas 2, 7, 8 e 9, em função dos indicadores de riqueza, equitabilidade, diversidade de funções ecológicas, baixa cobertura do solo por vegetação e serapilheira. A área 6 foi a que mais diferiu das demais, destacando-se o indicador de altura. Contudo, apesar dos agrupamentos obtidos, pela análise de Kruskal-Wallis ($F = 3,42$ e $p = 0,003$), observa-se que, pelo menos, uma das áreas diferiu das demais. O teste t pareado confirmou que as áreas 1, 4 e 10, componentes do grupo A, foram significativamente similares à AR, de acordo com o conjunto de indicadores avaliados.

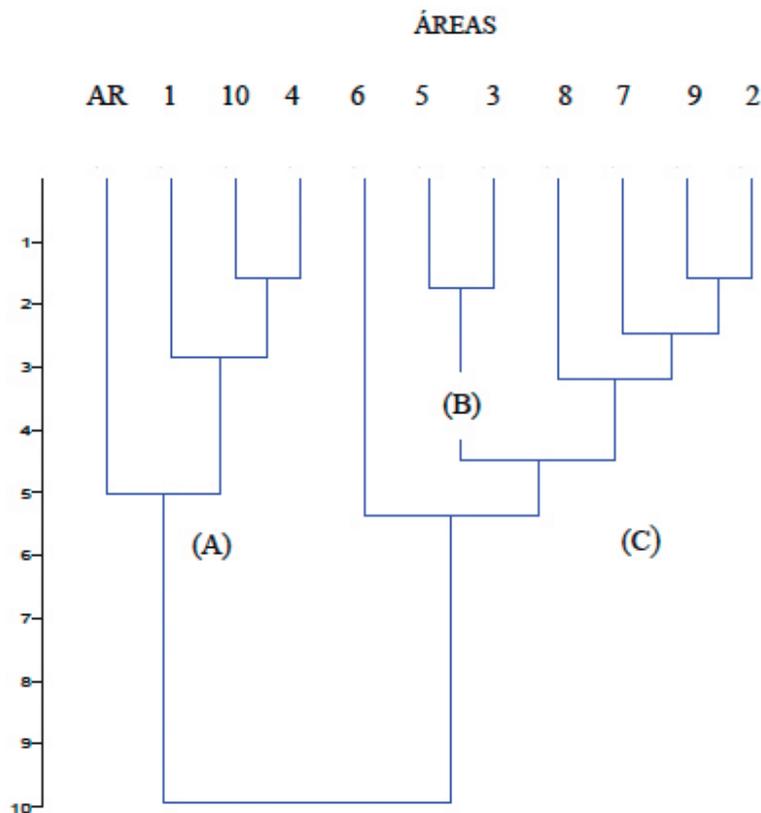


Figura 4. Dendrograma da análise de agrupamento dos indicadores aplicados às áreas de restauração com 6-7 anos, na microbacia do ribeirão Pirai, 2014, Cabreúva-SP.

Figure 4. Dendrogram of cluster analysis of indicators applied to the restoration areas with 6-7 years, in the Pirai stream watershed, 2014, Cabreúva-SP.

A constatação de que a maior parte das áreas não se encontra em um processo efetivo de restauração da funcionalidade ecológica é preocupante, pois a maioria delas está próxima de potencial fonte de propágulos representada por fragmentos da Serra do Japi. Neste estudo, 70% das áreas apresentaram problemas de estabilidade, resiliência e de confiabilidade associada ao seu manejo. Apesar disso, a Resolução SMA nº 32/14 (São Paulo, 2014) aborda apenas as questões referentes à confiabilidade do modelo, reduzindo as exigências sobre os fatores que efetivamente poderiam aumentar a sua resiliência, em especial os ligados à diversidade de espécies e funcionalidade.

Na prática, a quantidade de mudas inicialmente plantadas foi de 10 a 15% menor devido a condições adversas encontradas em campo (peculiaridades locais do terreno, por exemplo) e houve grande perda de mudas (aproximadamente 40%) por não adaptação, períodos de estiagem e fogo acidental (dados obtidos com a instituição executora dos projetos no município de Cabreúva), resultados que, de acordo com estudos conduzidos em plantios de restauração, têm revelado valores de mortalidade iniciais de até 30% aos 2 anos pós-plantio (Stolarski et al., 2012; Schievenin et al., 2012), valores acima do máximo de 10% sugeridos no Pacto da Mata Atlântica (Rodrigues et al., 2009).

Nesse sentido, é possível questionar se os modelos utilizados devem ser alterados, buscando-se métodos que sejam menos dependentes de intervenções contínuas. É esperado que uma área restaurada não seja similar a uma AR, devido ao alto nível de complexidade da mesma, ou que esse processo de restauração tenha prolongado tempo. Por isso, é preciso esclarecer quais os objetivos da restauração em determinado local, a fim de aprimorar as suas qualidades (oportunidades econômicas, conservação do solo, constituir Reserva Legal, entre outros) (Attanasio et al., 2006).

4 CONCLUSÕES

Os projetos de restauração aqui avaliados não propiciaram, até os 6-7 anos, condições que possibilitem o estabelecimento de atributos geradores de estabilidade, resiliência e confiabilidade do modelo. De modo geral, os indicadores mais relevantes neste estudo foram diversidade de espécies, riqueza, densidade, distribuição sucessional, cobertura do solo e serapilheira, sendo portanto estes fatores que, em condições ideais, poderiam garantir a autonomia da área ao longo do tempo. Assim, sugere-se escolher métodos ou modelos apropriados para a realidade de cada área a ser restaurada e realizar ações de manejo adaptativo para melhorar o funcionamento do ecossistema estudado, eliminando a necessidade de manutenção contínua e evitando altos custos. Além disso, faz-se necessário observar os objetivos da restauração em cada área e propor alternativas para que o proprietário de terra tenha mais envolvimento para restaurar suas áreas, como os Sistemas Agroflorestais – SAFs e os programas de Pagamento por Serviços Ambientais – PSAs. Por fim, há a necessidade de acompanhamento contínuo dos projetos de restauração, desde sua elaboração, implantação e seu monitoramento, tanto por parte dos órgãos fiscalizadores quanto das entidades executoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANALYTICAL SOFTWARE. **Statistix 8.0**. 2003.
- ATTANASIO, C.M. et al. **Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas, restauração de matas ciliares**. Piracicaba: Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP, 2006. 64 p. (Apostila Técnica).
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e revoga a Lei nº 4.771, de 1965. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 24 mar. 2014.

CADOTTE, M.W. The new diversity: management gains through insights into the functional diversity of communities. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 5, p. 1067-1069, 2011.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 3, 593 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução CONAMA nº 001/1994, de 31 de janeiro de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios pioneiro, inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa em São Paulo. **Diário Oficial da União**, n. 024, de 3 de fevereiro de 1994, Seção 1, p. 1684-1685.

DAVIDSON, E.A.C. et al. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 150-163, 2004.

DUARTE, M.M.R.; BUENO, M.S.G. Fundamentos ecológicos aplicados à RAD para matas ciliares do interior paulista. In: BARBOSA, L.M. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: matas ciliares do interior paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/files/2011/11/ManualRecupAreas%20Degradadas.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2014.

DURIGAN, G.; DIAS, H.C.S. Abundância da regeneração natural sob mata ciliar implantada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 308-312.

ENGEL, V.L. Abordagem “BEF”: um novo paradigma na restauração de ecossistemas? In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA, 4., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica, 2011. p. 155-165.

_____; FONSECA, R.C.B.; OLIVEIRA, R.E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 3, p. 43-64, 1998.

FONSECA, V.H. **Seleção de indicadores ecológicos para a avaliação de planos de restauração de áreas degradadas**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) – Programa de Pós-graduação em Diversidade Biológica e Conservação, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

HAMMER, O. **Paleontological statistics: PAST 2.16**. Oslo: Natural History Museum, 2012.

INSTITUTO SERRA DO JAPI. **O patrimônio natural da Serra do Japi: riscos e ações para preservação**. Jundiá: Literarte, 1998. 86 p.

IVANAUSKAS, M.N.; RODRIGUES, R.R.; NAVE, A.G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual de Itatinga/SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 56, n. 12, p. 83-99, 1999.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KRONKA, F.J.N. et al. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1569-1576.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. v. 1. 384 p.

MAGNAGO, L.F.S. et al. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S.V. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012. v. 1, p. 69-100.

MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246 p. (Série Teses).

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS**. Mexico: Mundi-Prensa Mexico, 1999. 109 p.

MELO, A.C.G.; MIRANDA, D.L.C.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares do Médio Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 321-328, 2007.

NAEEM, S. Biodiversity and ecosystem functioning in restored ecosystems: extracting principles for a synthetic perspective. In: FALK, D.A.; PALMER, M.A.; ZEDLER, J.B. (Ed.). **Foundations of restoration ecology**. Washington, D.C.: Island Press, 2006. p. 210-237.

NEVES, M.A. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Jundiá (SP)**. 2005. 200 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/103008>>. Acesso em: 24 jan. 2014.

PASSOS, M.J. **Estrutura da vegetação arbórea e regeneração natural em remanescentes de matas ciliares do rio Mogi-Guaçu – SP**. 1998. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 1977. 385 p.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. et al. **Protocolo de monitoramento da funcionalidade ecológica de áreas de restauração**. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283355875_PROTOCOLO_DE_MONITORAMENTO_DA_FUNCIONALIDADE_ECOLOGICA_DE_AREAS_DE_RESTAURACAO>. Acesso em: 8 set. 2017.

RAMOS, V.S. et al. **Árvores da floresta estacional semidecidual: guia de identificação de espécies**. 2. ed. São Paulo: EDUSP: Biota/FAPESP, 2008. 320 p.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p.

SÃO PAULO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**: relatório zero. Piracicaba, 2000. 1 CD.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Mata ciliar: recuperações bem sucedidas**. 2002. Disponível em: <<http://www.outorga.com.br/pdf/Mata%20Ciliar%20-%20recupera%C3%A7%C3%B5es%20bem%20sucedidas.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 47, de 26 de novembro de 2003. Altera e amplia a Resolução SMA 21, de 21/11/2001; Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2003_Res_SMA_47.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2013.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Projeto de recuperação de matas ciliares: programa de adequação ambiental da microbacia do Ribeirão Piraí**. Piracicaba, 2006.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 08, de 31 de janeiro de 2008. Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2008_Res_SMA_08.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2013.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. São Paulo. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2016/12/Resolu%C3%A7%C3%A3o-SMA-032-2014-a.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2014.

SCHIEVENIN, D.F. et al. Monitoramento de indicadores de uma área de restauração florestal em Sorocaba-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 19, n. 1, p. 95-108, 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/f07jgTODeYSG26u_2013-4-29-15-13-59.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2014.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Champaign: University of Illinois Press, 1949. 117 p.

SILVA, L.A. **Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato arbóreo de um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de São Carlos – SP**. 2001. 106 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade de São Carlos, São Carlos.

_____.; SCARIOT, A. Composição e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do rio Paraná). **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 305-313, 2003.

_____.; SOARES, J.J. Composição florística de um fragmento de floresta estacional semidecídua no município de São Carlos-SP. **Árvore**, v. 27, n. 5, p. 647-656, 2003.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP – SER. **The SER primer in ecological restoration**. Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004. Version 2. 15 p.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J.L.F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 1-3, p. 185-200, 2004.

STOLARSKI, O.C. et al. Avaliação inicial de plantio de espécies nativas pioneiras para a restauração de áreas degradadas no sudoeste do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APRE, 2012. v. 1. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/36081785-Avaliacao-inicial-de-plantio-de-especies-nativas-pioneiras-para-a-restauracao-de-areas-degradadas-no-sudoeste-do-parana.html>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

UEHARA, T.H.K.; CASAZZA, E.F. **Avaliação da efetividade do Projeto de Recuperação de Matas ciliares do Estado de São Paulo: uma contribuição ao desenvolvimento de políticas públicas para a conservação da biodiversidade**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente; Projeto de Recuperação de Matas Ciliares, 2011. 91 p. (Produtos técnicos nº 03). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/272505944_Avaliacao_da_efetividade_do_Projeto_de_Recuperacao_de_Matas_Ciliares_do_Estado_de_Sao_Paulo>. Acesso em: 24 mar. 2014.

RENDIMENTO DO PROCESSAMENTO DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS AMAZÔNICAS¹

PROCESSING YIELD OF THREE AMAZON FOREST SPECIES

Nayanna de Nazaré Brito FREITAS^{2, 4}; Iêdo Souza SANTOS³;
Paulo Cezar Gomes PEREIRA³

RESUMO – A crescente procura da matéria-prima vem ocasionando o encarecimento do produto, desse modo, as empresas devem possuir um processo de desdobramento que obtenha melhor aproveitamento, levando ao aumento do rendimento na produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o coeficiente de rendimento volumétrico de três espécies florestais amazônicas: *Hymenolobium petraeum*, *Goupia glabra* e *Manilkara* spp. Foram selecionadas cinco toras de madeira aleatoriamente para cada espécie analisada, o volume da madeira em tora foi obtido pelos métodos de Smalian e Francon. Posteriormente, foi obtido o volume da madeira processada, medindo-se as dimensões de cada peça serrada correspondente a cada uma das toras. O cálculo de rendimento foi determinado pela razão entre o volume de madeira serrada e o volume da madeira em tora. A análise estatística foi realizada através do teste de Tukey com o intuito de avaliar as médias levando em consideração um delineamento inteiramente casualizado, utilizando o programa ASSISTAT Versão 7.7. O rendimento médio das três espécies estudadas foi equivalente a 50,83%, valor satisfatório para as condições da região, a qual não apresenta nível de automação elevado e nem mão de obra qualificada.

Palavras-chave: rendimento volumétrico; madeira nativa; tecnologia da madeira.

ABSTRACT – The growing demand for raw materials is causing the increasing of the product, thus, companies must have a process of unfolding that obtains better exploitation, succeeding the increase in yield in production. The aim of this work was to evaluate the coefficient of volumetric yield of Amazon forests species: *Hymenolobium petraeum*, *Goupia glabra* and *Manilkara* spp. Five wood logs were randomly selected for each species analyzed, the observed volume of wood was based on the geometric cubing methods (Smalian and Francon). Subsequently the measurement of the volume of processed wood was carried out by the romaneio procedure, the calculation of the yield of the volume of each log was determined before the unfolding process. The statistical analysis was conducted through Tukey test aimed to evaluate the averages taking into consideration an entirely randomized design, using the program version 7.7. The average yield of the three studied species has been equivalent to 50.83% satisfactory value for the conditions of the region, which does not present high levels of automation and not skilled labor.

Keywords: volumetric yield; native wood; wood technology.

¹Recebido para análise em 15.04.2017. Aceito para publicação em 01.12.2017.

²Discente do Curso de Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará, Paragominas, PA, Brasil.

³Universidade do Estado do Pará, Departamento de Tecnologia da Madeira, Rua PA-125, s/n, Bairro Angelim, 68625-000, Paragominas, PA, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Nayanna de Nazaré Brito Freitas – nayyfreitas@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um importante papel para o setor florestal mundial, o mesmo aborda setores que utilizam a madeira como insumo principal, como indústrias de papel e celulose, laminação e madeira serrada para diversos fins (Juvenal e Mattos, 2002).

A região amazônica possui um alto potencial madeireiro, sendo considerada uma das principais produtoras de madeiras tropicais do mundo, o segmento florestal impulsiona de forma direta a economia de dezenas de municípios da Amazônia. No estado do Pará, que possui áreas extensas de florestas ricas em espécies arbóreas com potencial de comercialização, o setor madeireiro foi responsável por produzir aproximadamente 2 milhões de metros cúbicos de madeira nativa em tora, comercializando mais de 1,3 milhões de metros cúbicos de outros produtos e subprodutos florestais no ano de 2015 (Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2010; Pará, 2016).

Quanto à classificação das empresas, a maioria das indústrias responsáveis por toda essa produção pode ser classificada como de pequeno e médio porte. Batista et al. (2015) atentam em seu trabalho que a grande maioria das empresas nacionais de pequeno e médio porte não apresentam informações precisas do desempenho operacional da sua produção. Os autores esclareceram que a falta de técnica é um dos motivos que impede o desenvolvimento dos empreendimentos, afetando, conseqüentemente, a eficiência e rendimento da produção.

Desse modo, o rendimento em madeira serrada mostra ser a principal variável para analisar o sucesso do empreendimento, sendo este influenciado por diversos fatores como: características das espécies, o layout da empresa, maquinário utilizado, o nível de automação, o sistema de desdobro, mão de obra e, principalmente, o diâmetro das toras, os modelos de corte e as dimensões das peças serradas (Garcia, 2013; Vital, 2013; Batista et al., 2015).

Sabe-se que há uma necessidade de aperfeiçoar o processo de desdobramento, a fim de promover um maior aproveitamento das toras com menor geração de resíduos,

principalmente na região amazônica, onde as técnicas de exploração das florestas naturais são ineficientes devido à falta de planejamento e de técnicas apropriadas (Murara Junior et al., 2013).

Para uma madeireira se manter competitiva no mercado, deve apresentar um bom planejamento operacional e uma linha de produção eficiente e eficaz, desta forma, a empresa que possui conhecimento dos seus recursos, e sabe utilizá-los, detém como resultado um desempenho progressivo levando ao rendimento (Manhiça, 2010).

As espécies analisadas foram o angelim-pedra (*Hymenobium petraeum* Ducke), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) e maçaranduba (*Manilkara* spp.). Elas desempenham papel de vital importância na indústria madeireira, uma vez que possuem inúmeras aplicações, sem dificuldades para serrar, aplainar, tornejar e realizar acabamentos, além de apresentarem alta densidade, boa durabilidade e resistência mecânica (Hiramatsu, 2008).

O presente estudo baseia-se na Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 474 de 06 de abril de 2016 (Brasil, 2016), a mesma dispõe sobre o coeficiente de rendimento volumétrico de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, este designado ao aproveitamento para transformação das matérias-primas de tora em madeira serrada. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar o rendimento de três espécies amazônicas: *Hymenobium petraeum* Ducke, *Goupia glabra* Aubl. e *Manilkara* spp., bem como determinar o Coeficiente de Rendimento Volumétrico médio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma madeireira do município de São Miguel do Guamá, aproximadamente 150 km de Belém, capital do estado do Pará, com as seguintes coordenadas geográficas W: 47°29'30" S: 01°36'35". Durante o estudo, foram utilizadas cinco toras de cada espécie, totalizando quinze toras, em que se realizaram os cálculos de volumes (Equações 1, 2 e 3) e rendimento (Equação 4).

Foi realizada a análise estatística para verificar as médias dos rendimentos volumétricos levando em consideração um Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, agrupando as toras por quantidade de espécies (tratamento), com o número de cinco repetições por tratamento (cinco toras por espécie).

2.1 Cubagem das Toras

A tora apresentou formato geométrico semelhante a um cilindro, no pátio foi obtido o diâmetro e comprimento, imediatamente foi realizado o método de cubagem geométrica utilizando a fórmula de Smalian de acordo com a Resolução CONAMA N° 411 de 06 de maio de 2009 (Brasil, 2009), como apresentado na Equação 1.

$$V = \left[\left(\frac{Db}{100} \right)^2 + \left(\frac{Dt}{100} \right)^2 \right] \frac{\pi}{8} Lm \quad (1)$$

Em que:

V = Volume da tora (m³);

Db = Diâmetro médio da base (cm);

Dt = Diâmetro médio do topo (cm);

Lm = Comprimento médio (m).

A cubagem Francon é utilizada quando ocorre perda de volume pelo processo de pré-produção antes da realização do desdobro principal, para obter o volume considera-se que a tora seja um cilindro no qual se utiliza a seção da extremidade que possui a menor área, conforme demonstrado na Equação 2.

$$V = \left[\frac{(C)^2}{4} \right] L \quad (2)$$

Em que:

V = Volume da tora (m³);

C = Circunferência (m);

L = Comprimento (m).

2.2 Romaneio

Mensurou-se a largura e espessura das extremidades e centro de cada peça com auxílio de uma trena métrica, a medida de comprimento foi obtida com a ajuda de uma fita métrica, posteriormente os dados foram usados para obtenção do volume de madeira serrada (Equação 3).

$$Vms = [(ML)(ME)(L)] \quad (3)$$

Em que:

Vms = Volume de madeira serrada (m);

ML = Média das larguras (m);

ME = Média das espessuras (m);

L = Comprimento (m).

2.3 Rendimento

Para a análise do rendimento foram utilizadas as cinco toras, foi determinado o volume de cada uma de acordo com a equação de cubagem geométrica. Após as medições, as toras foram encaminhadas para o processo de desdobro, posteriormente ao processo de desdobro, as peças originadas das toras foram medidas e calculou-se o volume da madeira serrada de cada tora. Os valores obtidos foram organizados no software Microsoft Office Excel 2013 e, em seguida, foi realizado o cálculo de rendimento de acordo com a Equação 4.

$$Rms = \left[\left(\frac{Vms}{Vt} \right) \right] 100 \quad (4)$$

Em que:

Rms = Rendimento em madeira serrada (%);

Vms = Volume de madeira serrada (m³);

Vt = Volume com cascada tora (m³).

2.4 Análise Estatística

Os cálculos foram efetuados com o auxílio do software Microsoft Office Excel, e as análises estatísticas foram efetuadas através do programa ASSISTAT Versão 7.7.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2 e 3, encontram-se os rendimentos das três espécies analisadas; na Tabela 1, são apresentados os diâmetros das toras e os seus respectivos comprimentos, e as Tabelas 2 e 3 referem-se ao rendimento volumétrico. A maioria das toras apresentou rendimento acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 474/2016 (Brasil, 2016), que estabelece um coeficiente de rendimento volumétrico – CRV de 35%. Esses altos rendimentos podem ser resultado de fatores como erros de medições no campo. Tonini e Ferreira (2004) apresentam outras influências como o tipo de serra, reaproveitamento de aparas e costaneiras e da metodologia usada na avaliação do rendimento.

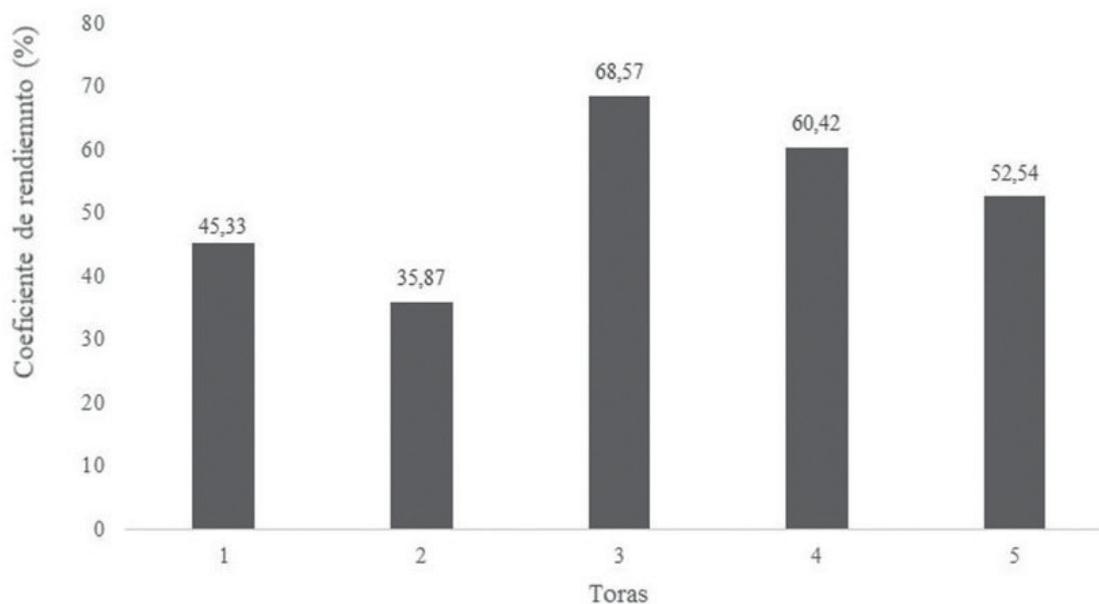


Figura 1. CRV de angelim-pedra por tora.

Figure 1. Coefficient of volumetric yield of angelim-pedra per log.

Tabela 1. Diâmetro e comprimento das toras utilizados no cálculo de rendimento.

Table 1. Diameter and length of the logs used to calculate the yield.

	TORAS	¹ DB (m)	² DT (m)	³ L (m)
ANGELIM-PEDRA	1	0,81	0,73	4,29
	2	0,81	0,78	5,82
	3	0,56	0,54	5,46
	4	0,85	0,87	6,31
	5	0,81	0,67	5,95
CUPIÚBA	1	0,49	0,48	4,56
	2	0,51	0,50	4,13
	3	0,56	0,52	7,76
	4	0,61	0,56	6,20
	5	0,51	0,47	5,19
MAÇARANDUBA	1	0,57	0,52	6,74
	2	0,58	0,50	5,37
	3	0,51	0,47	6,62
	4	0,63	0,53	7,41
	5	0,56	0,50	6,91

¹Diâmetro base; ²Diâmetro topo; ³Comprimento.

¹Base diameter; ²Diameter top; ³Length.

Coefficiente de Rendimento Volumétrico – CRV foi determinado conforme recomenda a resolução CONAMA n° 474/2016. Na Tabela 2, observa-se que as médias de rendimento estão acima do valor quando comparadas com o estipulado pela resolução, isto pode ser explicado pelo fato de terem sido considerados nos cálculos de madeira serrada os produtos e subprodutos (aproveitamento) gerados a partir da tora.

Observa-se que as espécies angelim-pedra e maçaranduba apresentaram coeficientes de variação altos, 24,24% e 24,67%, respectivamente, a espécie cupiúba apresentou coeficiente de variação de 10,99% (Smalian) e 9,03% (Francon) (Tabela 2), considerada uma variação baixa, mas com alta precisão, segundo Pimentel Gomes (2000). Analisando os coeficientes de variação entre os métodos de cubagem, nota-se que o método de Smalian apresenta maior variação, isto ocorre devido ao maior volume ao analisar

a tora como um todo, já que retrata o volume real da tora, enquanto o método Francon obtém seu volume a partir de uma peça retangular, pois elimina as costaneiras deixando a tora o mais homogênea possível, assim o rendimento aparenta ser inversamente proporcional ao volume da tora.

A espécie angelim-pedra apresentou rendimento entre 35,87 a 68,57 % (média 52,55% \pm 12,74) para o rendimento em que o volume da tora foi obtido pelo método Smalian, e o rendimento pelo método de cubagem Franco, no valor de rendimento entre 45,33 a 68,57% (média 67,08 \pm 16,19) (Tabela 2; Figura 1). No trabalho de Tonini e Ferreira (2004), o angelim-pedra foi a espécie que apresentou maior rendimento médio (66%), os autores explicam que o valor encontrado é considerado alto para a região amazônica, situando-se acima dos valores determinados pela legislação, que na época era de 54,28%, ressalta-se que os autores se basearam na Instrução Normativa IBAMA n° 01/1996.

Tabela 2. Rendimento volumétrico das espécies.

Table 2. Volumetric yield of the species.

RENDIMENTO – SMALIAN			
ESPÉCIES	CRV ¹ (%)	DP ²	CV ³ (%)
ANGELIM-PEDRA	52,55	12,74	24,24
CUPIÚBA	57,35	6,30	10,99
MAÇARANDUBA	42,59	10,51	24,67
MÉDIA	50,83		
RENDIMENTO – FRANCON			
ESPÉCIES	CRV (%)	DP	CV (%)
ANGELIM-PEDRA	67,08	16,19	24,14
CUPIÚBA	62,43	5,64	9,03
MAÇARANDUBA	48,56	10,42	21,47
MÉDIA	59,36		

¹Coefficiente de Rendimento Volumétrico; ²Desvio-Padrão; ³Coefficiente de Variação.

¹Coefficient of Volumetric Yield; ²Standard Deviation; ³Coefficient of Variation.

A espécie maçaranduba apresentou média de rendimento de 42,59% \pm 10,51 por meio do método Smalian, e pelo Francon, rendimento médio de 48,56 \pm 10,42 (Tabela 2). A espécie demonstrou rendimento superior quando comparado aos dados encontrados na literatura, que variam entre 20 a 40%, porém o rendimento

médio para o desdobro das toras pode estar na faixa de 45 a 55%, como sugerido por Danielle (2013). Neste estudo, somente as toras 1, 4 e 5 permaneceram dentro do indicado (Figura 2). Santos et al. (2017), ao analisarem essa mesma espécie, apresentaram valores médios de 46,04% de CRV.

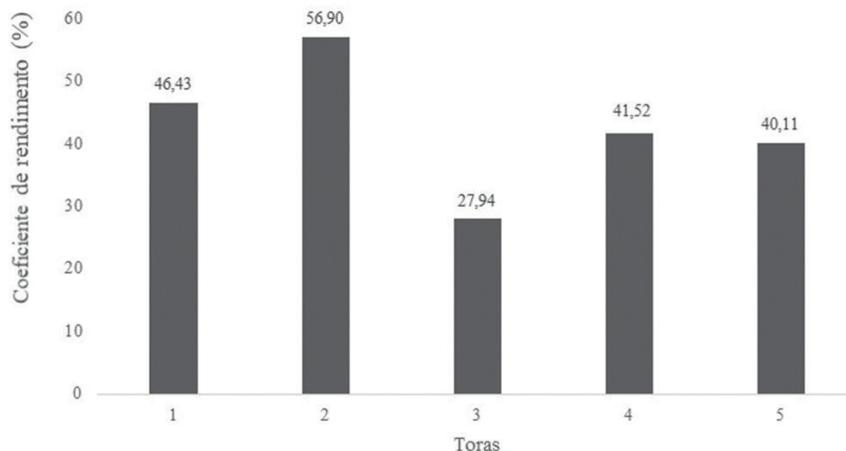


Figura 2. CRV de maçaranduba por tora.

Figure 2. Coefficient of volumetric yield of maçaranduba per log.

Iwakiri (1990) e Danielli (2013) analisaram a mesma espécie e apresentaram rendimento de 54,8% e 30,01%, respectivamente. Melo et al. (2012), ao tratarem os altos rendimentos, explicam que o fato pode estar relacionado com o uso de maquinário no desdobramento da madeira; neste caso, afirma-se que o rendimento da produção está relacionado com a qualidade dos maquinários, bem como com a qualificação de mão de obra dos profissionais que atuam no processo da empresa.

A espécie cupiúba apontou maior média de rendimento, equivalente a $57,35\% \pm 6,30$ no método geométrico e $62,43\% \pm 5,64$ para Francon (Tabela 2; Figura 3), devido às toras apresentarem maiores dimensões e volume. Murara Junior et al. (2005) explicam que a qualidade da matéria-prima pode influenciar em até 70% no êxito da obtenção de um ótimo rendimento; desse modo, os autores afirmaram que o rendimento de madeira serrada aumenta de acordo com o incremento no diâmetro das toras utilizadas. Tonini e Ferreira (2004), estudando o rendimento do desdobra de toras das espécies cupiúba, caferana e angelim-pedra,

para cupiúba apresentaram a média de rendimento igual a 52%. No entanto, para essa mesma espécie, Santos et al. (2017) apresentaram valores médios de 47,77% de rendimento, esta variabilidade de resultado é reflexo da heterogeneidade peculiar das essências florestais amazônicas. Contudo, todos os valores apresentados são superiores ao 35% de CRV recomendado pela Resolução 474/2016 do CONAMA (Brasil, 2016).

O rendimento médio da empresa, analisado a partir das três espécies comerciais, foi equivalente de 50,83%, como observado na Figura 4. Quanto à tendência do rendimento, a espécie angelim-pedra foi aquela que se aproximou da média geral dos rendimentos analisados. Observou-se que a espécie cupiúba possui a tendência de aumento de rendimento, visto que suas toras foram as que apresentaram maiores diâmetros; entretanto, a espécie maçaranduba foi a que apresentou valor abaixo da média, explica-se pelo fato de que esta é uma espécie que ao serrar produz menos peças, o que resulta em baixo rendimento.

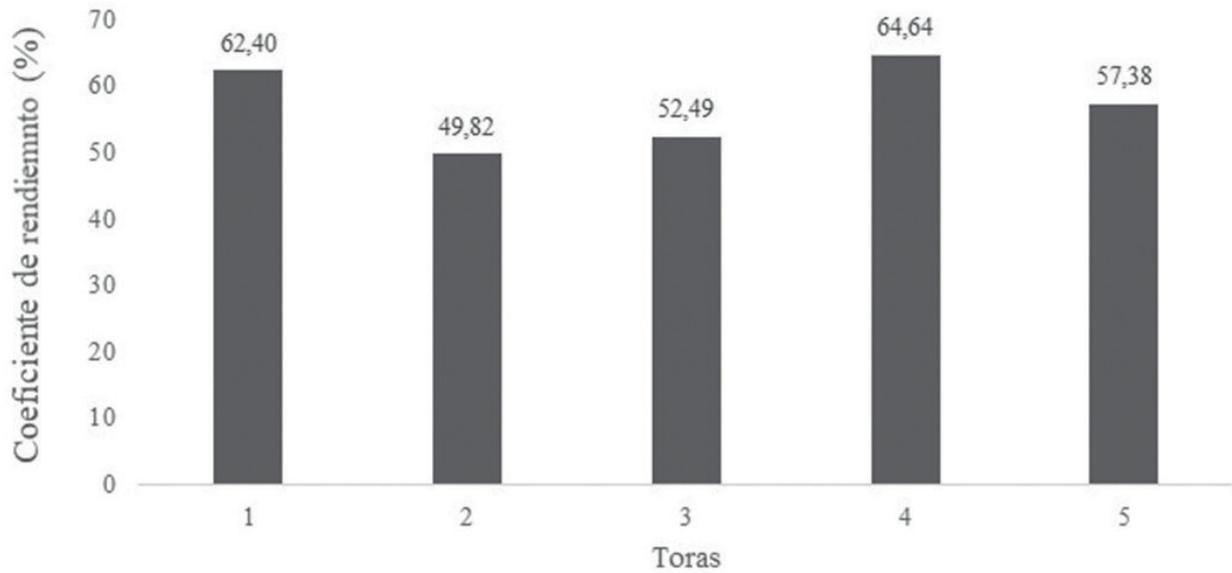


Figura 3. CRV da cupiúba por tora.

Figure 3. Coefficient of volumetric yield of cupiúba per log.

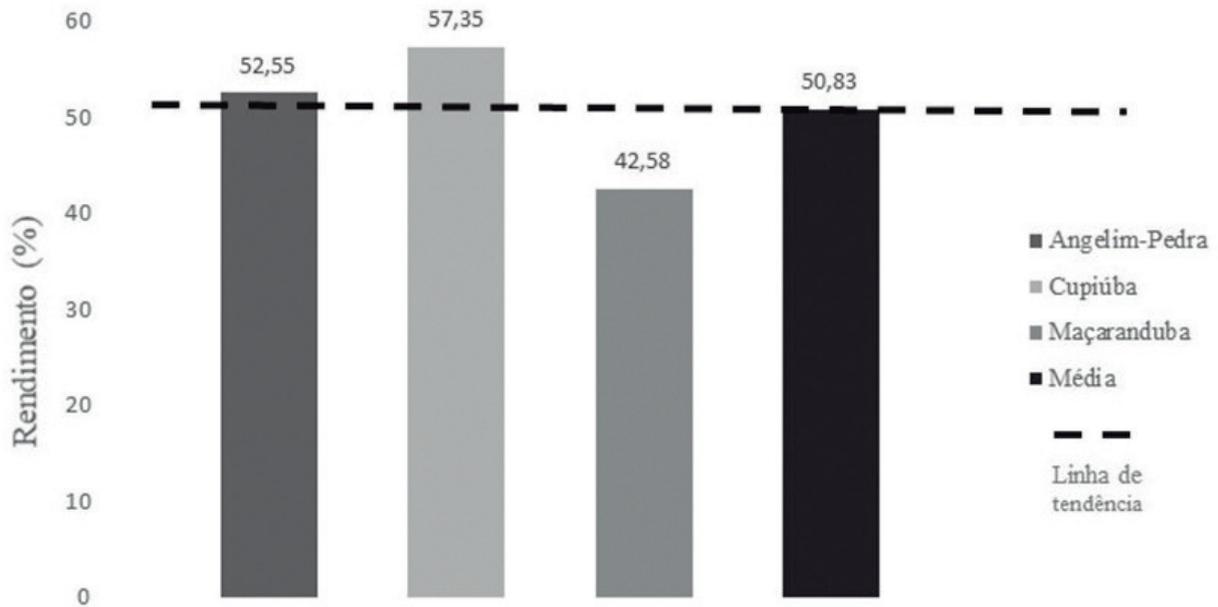


Figura 4. Rendimento médio em madeira serrada e rendimento volumétrico do angelim-pedra, cupiúba e maçaranduba.

Figure 4. Average yield in sawed wood and volumetric yield of angelim-pedra, cupiúba and maçaranduba.

O valor de rendimento 42,58% pode estar relacionado ao processo de desdobro, principalmente na realização da destopa da madeira serrada (esquadrejamento), bem como pode estar associado às características das espécies como presença de oco (Gerwing et al., 2000).

Ao analisar o rendimento do processamento de toras em dez serrarias e duas laminadoras, em Paragominas/PA, Gerwing et al. (2000) encontraram rendimento médio total de 39% para as laminadoras, 36% de rendimento de serrarias, que serram para o mercado local, e 32% para as empresas que produzem para a exportação. Os autores explicam que o resultado dos rendimentos foi influenciado por fatores como variação na espessura da madeira processada, resultante da utilização de equipamentos de processamento inadequados ou gastos, causando perdas de $\geq 8\%$ do volume durante o processo de desdobro.

Comparando-os, o rendimento da madeira em estudo apresentou-se satisfatório visto que as toras usadas para as amostras se encontravam com características favoráveis ao processamento. Somente as toras 2 e 4 da espécie maçaranduba apresentaram ocos, contudo, seus ocos foram descontados no cálculo para obtenção do volume, o que não interferiu no resultado do rendimento volumétrico. Salienta-se que os equipamentos obsoletos utilizados e a falta de mão de obra qualificada,

podem ter influenciado no valor do rendimento da empresa, significando não ser o valor real do rendimento da madeira em estudo, porém, para confirmar e concretizar esta afirmativa é necessária a realização de outro estudo em que se viabilize a eficácia da capacidade dos equipamentos utilizados no desdobro de toras nas empresas.

As médias dos rendimentos não apresentaram diferença significativa no método de cubagem verificado entre as espécies, mas diferem significativamente entre os métodos de cubagem, isto é, comparando um método com o outro (Tabela 3). Isso pode ser explicado, pois ao se avaliar o volume da tora pelo método de Francon, esquadreja-se a madeira retirando-se as costaneiras, conseqüentemente, apresenta diferença no volume e rendimento ao comparar com o método de cubagem Smalian, o qual obtém os dados através das medições das circunferências, não desprezando as costaneiras.

Angelim-pedra apresentou maior rendimento médio Francon (67,08%) e cupiúba possuiu maior rendimento médio Smalian (57,35%). Cunha et al. (2015) realizaram também análise estatística em rendimento médio geométrico de duas espécies de eucalipto em diferentes classes diamétricas através do teste de Tukey, os autores encontraram alta média de rendimento, em que o *Eucalyptus grandis* apresentou maior rendimento médio (56,28%) em relação a *Eucalyptus benthamii* (52,96%).

Tabela 3. Médias de rendimento volumétrico por métodos diferentes de cubagens.

Table 3. Averages of volumetric yield in different cubing methods.

COEFICIENTE DE RENDIMENTO VOLUMÉTRICO (%)		
ESPÉCIES	SMALIAN	FRANCON
ANGELIM –PEDRA	52,55 a	67,08 b
CUPIÚBA	57,35 a	62,43 b
MAÇARANDUBA	42,59 a	48,56 b
MÉDIA	50,83	59,36

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, segundo o teste de Tukey (95% de probabilidade).

Similarities with the letter are not statistically different from each other, according to Tukey test (95% probability).

Os altos valores de rendimentos encontrados neste trabalho ocorreram pela grande quantidade de peças que cada tora gerou, destas se destacam as ripas, que são produtos comercializados pela madeireira. Baseando-se na resolução CONAMA nº 474/2016 (Brasil, 2016), cada peça deve ser incluída no volume de madeira serrada para determinar o CRV, as ripas, por serem um produto, foram utilizadas no volume de madeira serrada, intervindo no valor do rendimento.

Ao analisar os rendimentos volumétricos por diferentes métodos de cubagem, observou-se que o método de Francon foi aquele que apresentou maior rendimento nas três espécies estudadas como demonstrado na Tabela 2. Ressalta-se que o alto rendimento é gerado pelo aproveitamento das costaneiras, transformando-as em produtos ou subprodutos, também é importante mencionar que o volume de madeira cubada por método de Francon sempre apresentará CRV superior aos demais métodos, pois o volume real da tora é subestimado, por este motivo o rendimento das espécies que utilizam o volume da tora por método de cubagem Francon apresentará o volume do produto verdadeiro e o volume da tora subestimado, pois ao cubar a tora descontam até 30% das extremidades e, conseqüentemente, depois as usam, gerando produtos como ripas e caibros.

4 CONCLUSÕES

O rendimento bruto do processo de desdobro para as três espécies estudadas por diferentes métodos de cubagem foi superior ao limite previsto pela resolução CONAMA nº 474/2016 que é de 35%, no método de Smalian os valores médios apresentados foram de 50,83%, enquanto no de Francon foram de 59,36%.

A espécie cupiúba apresentou valor maior de rendimento, 57,35%, quando utilizado o método de Smalian e a maçaranduba com, 42,58%, o menor percentual.

No método de Francon, o maior coeficiente observado foi para o angelim-pedra, 67,08%, e o menor valor foi apresentado por maçaranduba, 52,64%.

Deve-se atentar para o método utilizado para a cubagem de toras, de forma que não se obtenham rendimentos que não condizem com a realidade e, conseqüentemente, divergência de informações quanto ao CRVs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, D. et al. Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do município de Alegre, Espírito Santo, Brasil. **Revista Floresta**, v. 45, n. 3, p. 487 - 496, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 411 de 06 de maio de 2009. Dispõe sobre o procedimento para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimentos volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serrarias. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=604>>. Acesso em: 2 set. 2017.

_____. Resolução nº 474 de 06 de abril de 2016. Altera a Resolução nº 411 de 06 de maio de 2009, que dispõe sobre o procedimento para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimentos volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serrarias, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=720>>. Acesso em: 2 set. 2017.

CUNHA, A.B. da et al. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Revista Floresta**, v. 45, n. 2, p. 241-250, 2015.

DANIELLI, F. **Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria na Nova Fronteira Madeireira do Estado de Roraima, Brasil**. 2013. 82 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus.

GARCIA, F. **Rendimento operacional de uma serraria com a espécie cambará (*Qualea albiflora* Warm.) na Região Amazônica**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2013. 69 p.

GERWING, J. et al. **O rendimento no processamento de madeira no Estado do Pará**. Belém: IMAZON, 2000. 38 p.

HIRAMATSU, N. **Equações de volume comercial para espécies nativas na região do Vale do Jari, Amazônia Oriental**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA – IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 20 p.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia. Manaus, Amazônia, **Acta Amazônica**, v. 20, n. único, p. 271-281, 1990.

JUVENAL, T.; MATTOS, R. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDS Setorial**, n. 16, p. 3-29, 2002.

MANHIÇA, A. **Rendimento e eficiência no desdobro de *Pinus* sp. utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte**. 2010. 466 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MELO, L.E.L. et al. Resíduos de serraria no Estado do Pará: caracterização, quantificação e utilização adequada. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 113-116, 2012.

MURARA JUNIOR, M.; ROCHA, M.P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Revista Floresta**, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2005.

MURARA JUNIOR, M.; ROCHA, M.P.; TRUGILHO, P.F. Estimativa do rendimento em madeira serrada de *Pinus* para duas metodologias de desdobro. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 556-563, 2013.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMAS. **Comercialização de madeira por tipo de produto: período de -1/-1/2015 até 31/12/2015**. Belém, 2016. 5 p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Desgaspari, 2000. 447 p.

SANTOS, E.K.H. et al. O rendimento de duas espécies florestais amazônicas após desdobro primário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 3., 2017, Florianópolis. **Resumos...** Campinas: Galoá, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbctem/trabalhos/o-rendimento-de-duas-especies-florestais-amazonicas-apos-desdobro-primario>>. Acesso em: 21 ago. 2016.

FREITAS, N. de N.B.; SANTOS, I.B.; PEREIRA, P.C.G. Rendimento de madeiras nativas.

TONINI, H.; FERREIRA, L.M. **Rendimento em madeira serrada de cupiúba (*Goupia glabra*), caferana (*Erisma uncinatum*) e angelim-pedra (*Dinizia excelsa*).** Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2004. Não paginado. (Comunicado Técnico, 07).

VITAL, B.R. **Planejamento e operação de serrarias.** Viçosa, MG: UFV, 2013. 211 p.

**BIOSSÓLIDO EM SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE *Handroanthus chrysotrichus*¹**

**USE OF BIOSOLID IN THE SUBSTRATE FOR *Handroanthus chrysotrichus*
SEEDLINGS PRODUCTION**

Suellen Batista de ARRUDA²; Francisca Alcivania de Melo SILVA^{2,4};
Marcelo Viera FERRAZ²; Reginaldo Barboza da SILVA²;
Ocimar José Batista BIM³

RESUMO – A reutilização como substrato tem sido uma das estratégias para disposição final de lodos de esgoto, sendo importantes os estudos sobre seu uso com espécies florestais em diferentes classes texturais de solos. Objetivou-se avaliar a qualidade de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* utilizando como substrato diferentes proporções de compostos à base de resíduos da agroindústria do palmito e lodo de esgoto em duas classes de solos (Cambissolo háplico e Latossolo Amarelo distrófico). O experimento foi realizado no viveiro de mudas da UNESP – Campus Experimental de Registro – SP, em delineamento inteiramente casualizado – DIC em esquema fatorial 2 x 5, com duas texturas de solo (média e argilosa) e cinco proporções de composto (100:0; 80:20; 60:40; 40:60 e 20:80%) com dez repetições. Foram avaliados: diâmetro de coleto (D), altura da parte aérea (H), massa seca de raiz – MSR, massa seca da parte aérea – MSPA, massa seca total – MST, (H/D); (MSPA/MSR), Índice de Qualidade de Dickson – IQD e macronutrientes na parte aérea das mudas. A adição de biossólido aumentou as concentrações de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio dos substratos, melhorando sua fertilidade. O desenvolvimento máximo das mudas foi obtido com as proporções 47% e 40% de biossólido/solo, para o Latossolo e Cambissolo, respectivamente. O biossólido formulado à base de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do ipê-amarelo, sendo desnecessária a adição de adubos químicos.

Palavras-chave: substrato; lodo de esgoto; solo; mudas florestais; *Handroanthus chrysotrichus*.

ABSTRACT – Recycle the substrate has been nowadays the strategic to use again the sewage sludge and the the studies are being important on its use for forest species in different textural classes of soils. The aim of this study was to evaluate the quality of *Handroanthus chrysotrichus* seedlings using different proportions of residues based on residues from the palm oil and sewage sludge in two classes of soils (Inceptsoil – LA and Oxisoil – Cx). The experiment was conducted in UNESP's greenhouse – Campus Experimental de Registro – SP in a completely randomized design – CRD factorial 2 x 5, it was submitted to two types of soils (Oxisoil and Inceptsoil) and five soil proportions: biosolids (100:0; 80:20; 60:40; 40:60 and 20:80%) were used with ten replicates. Diameter stem – D, shoot height – H, root dry weight – MSR,

¹Recebido para análise em 24.10.17. Aceito para publicação em 12.12.17.

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Campus Experimental de Registro, Rua Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupi, 11900-000, Registro, SP, Brasil.

³Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Francisca Alcivania de Melo Silva – alcivania@gmail.com

dry weight of shoot – MSPA, total dry matter – MST, (H/D), (MSPA/MSR), Dickson Quality Index – IQD and macronutrients in the shoots of seedlings were evaluated. The application of biosolids increased concentrations of organic matter, phosphorus, potassium, calcium and magnesium substrates, improving its fertility. The maximum development of the plants were obtained with the proportions 47% and 40% of sewage sludge/soil for LA and Cx soils, respectively. Biosolids formulated on sewage sludge on the base and waste from the palm agribusiness were able to meet the nutritional needs of the *Handroanthus chrysotrichus*, rendering unnecessary the addition of chemical fertilizers.

Keywords: substrate; sewage sludge; soil; forest seedlings; *Handroanthus chrysotrichus*.

1 INTRODUÇÃO

A reutilização como substrato tem sido uma das estratégias estudadas para contornar os transtornos causados pela crescente produção de lodos gerados nas estações de tratamento de esgoto. No entanto, os lodos apesar de suas elevadas concentrações de nutrientes, não podem ser utilizados puros, já que podem conter patógenos, o que comprometeria a saúde dos usuários durante o manuseio. A compostagem com diferentes materiais orgânicos melhora as características físicas e químicas desses materiais, além de promover a higienização e estabilização desses lodos.

A disposição dos lodos, como componente de substratos destinados ao cultivo de mudas, é viável (Guedes e Poggiani, 2003; Altafin et al., 2004), tendo em vista a economia de fertilizantes que este material proporciona para diversas culturas (Rocha et al., 2004), além dos benefícios ambientais (Guerrini e Trigueiro, 2004).

A utilização de lodo de esgoto como substrato pode propiciar um melhor aproveitamento de nutrientes pela planta em relação à adubação mineral, visto que os mesmos estão na forma orgânica e são liberados gradativamente, suprindo de modo mais adequado as exigências nutricionais no decorrer do ciclo biológico (Carvalho e Barral, 1981). Esse resíduo pode ser usado, ainda, como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, considerando seu teor de matéria orgânica e nutriente.

No Vale do Ribeira – SP, região com inúmeras fábricas de palmito, onde são geradas grandes quantidades de resíduos (casca de pupunha),

Silva et al. (2015) e Silva et al. (2012) avaliaram a compostagem de resíduos da agroindústria do palmito e lodo de esgoto, verificaram a viabilidade do processo e sugeriram perspectivas do uso destes materiais como substrato para a produção de mudas de essências florestais em tubetes como forma de reciclagem, aproveitamento e disposição final destes dois resíduos.

Para a obtenção de mudas de qualidade é necessário atentar para os vários fatores ligados ao manejo no viveiro, e entre os fatores importantes está o substrato, que tem por finalidade garantir o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em curto período de tempo e baixo custo. (Cunha et al., 2006; Caldeira et al., 2008). As seguintes características são consideradas fundamentais para um substrato: estrutura e consistência, boa porosidade e capacidade de retenção de água, isenção de substâncias tóxicas, de inóculos de doenças, de plantas invasoras, de insetos, de sais em excesso e com disponibilidade em quantidade adequada e custos economicamente viáveis (Gonçalves et al., 2000).

Para a produção de mudas de espécies florestais é comum a utilização de amostras subsuperficiais de solo como substrato, principalmente por ser um material isento de pragas e doenças (Gomes e Silva, 2004). Por ser esse material, na maioria das vezes, pobre em nutrientes, o uso do biossólido como fertilizante pode incrementar sua fertilidade (Nascimento et al., 2004; Rocha et al., 2004).

Handroanthus chrysotrichus, conhecido popularmente como ipê-amarelo ou ipê cascudo, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae, a qual é composta por cerca de 120 gêneros e 800 espécies. Apresenta distribuição pantropical, com maior número de espécies no Neotrópico; somente poucos táxons ocorrem em regiões temperadas. As espécies dessa família são encontradas em diferentes tipos de ambientes, desde os cerrados abertos até as florestas úmidas e perenifólias (Silva e Queiroz, 2003).

Assim, em vista da necessidade contínua de estudos avaliando novos substratos potenciais, bem como o efeito das diferentes texturas de solo na composição dos mesmos, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de mudas de ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) produzidas com diferentes proporções de compostos a partir de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito em solos de textura argilosa e média.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas da UNESP – Campus Experimental de Registro – São Paulo – Brasil, localizado no município de Registro, SP (latitude 24°29'22"S, longitude 47°50'10"WE, altitude de 11,99 m), de clima tropical úmido (Af) com transição para clima subtropical (Cfa), sem estação seca definida.

O preparo dos substratos destinados ao crescimento das mudas de ipê foi feito utilizando amostras de solo coletadas em subsuperfície (20 a 40 cm) de um Latossolo Amarelo distrófico – LA de textura média, localizado no Campus BR da UNESP de Registro-SP, e de um Cambissolo háplico – Cx de textura argilosa (Tabela 1), localizado às margens do rio Ribeira de Iguape, município de Registro – SP. Após a coleta, as amostras de solos foram homogeneizadas, secas ao ar, sendo em seguida retirada uma parte de cada solo para caracterização química e física, de acordo com metodologia proposta em Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997, 2006), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

A opção no estudo por duas classes de solo, e por conseguinte, duas distintas composições granulométricas, média (LA) e argilosa (Cx) na composição do composto, buscou atender à demanda de produtores da região, que tradicionalmente aproveitam os solos de barrancos (LA) e, ou às margens do rio (Cx) na produção de mudas.

O composto orgânico utilizado na composição dos tratamentos do referido experimento foi produzido por meio de um processo de compostagem de lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgotos da Ilha Comprida – SP e resíduos da agroindústria do palmito (casca de pupunha) na proporção 1:1 em volume, por um período de 120 dias.

Tabela 1. Atributos químicos e composição granulométrica dos solos utilizados no experimento.

Table 1. Chemical attributes and granulometric composition of soils used in the study.

Solo	pH	M.O.	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³			(%)
(LA)	3,9	2,0	9,0	69,0	0,8	7,0	2,0	9,0	79,0	12,0
(Cx)	5,2	3,0	19,0	31,0	2,2	22,0	22,00	14,0	69,0	55,0
	Areia Total (> 0,05 mm)			Argila (> 0,05 mm)		Silte (0,5 - 0,002 mm)		Textura (Embrapa, 2006)		
	g kg ⁻¹									
(LA)	503			200		297		Média		
(Cx)	155			502		343		Argilosa		

M.O.: Matéria orgânica; P: fósforo; H + Al: acidez potencial; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica e V: Saturação por bases.

M.O.: Organic matter; P: phosphorus; H + Al: potential acidity; K: Potassium; Ca: Calcium; Mg: Magnesium; SB: Base sum; CTC: Cation exchange capacity and V: Base saturation.

O composto orgânico foi quimicamente caracterizado, sendo considerado apto para uso agrícola de acordo com a legislação do CONAMA 375/2006 (Brasil, 2006). Todo o procedimento seguiu às metodologias propostas de EMBRAPA (1997): pH: 5,8; CE: 1,0; Relação C/N: 11/1; N: 1,16%; P: 1,01%; K: 0,24%; Ca: 0,75%; Mg: 0,75%; S: 0,19%; CTC mmol kg^{-1} : 450; Na mg kg^{-1} : 285; Cu mg kg^{-1} ; Fe mg kg^{-1} : 61275; Mn mg kg^{-1} : 2166; Zn mg kg^{-1} : 164; Cd mg kg^{-1} : 15,19; Pb mg kg^{-1} : 16,05; Cr mg kg^{-1} : 16,5.

O delineamento inteiramente casualizado – DIC, em esquema fatorial (5 x 2), considerou os fatores proporção do composto orgânico (0, 20, 40, 60 e 80% v.v.) em relação à quantidade relativa de solo e o tipo de textura do solo (argilosa e média), totalizando, portanto, dez tratamentos (Tabela 2). Os ensaios consideram dez repetições, perfazendo um total de 100 unidades experimentais.

Para a composição dos tratamentos, os solos coletados e o composto foram secos ao ar, peneirados (peneira 4 mm) e acondicionados em saquinhos plásticos com capacidade de 1 L. Em seguida, foi feita a calagem, buscando elevar a saturação por bases a 80%. Nesse procedimento, adicionou-se 2,7 g/saco de calcário dolomítico para o solo de textura média e 0,85 g/saco para o

solo de textura argilosa, incubando-se as amostras por um período de 20 dias. Decorrido esse tempo, foi realizada adubação básica com N, P e K nos tratamentos que não receberam o composto, sendo 0,27 g/kg de ureia, 1,4 g/kg de superfosfato triplo e 0,13 g/kg de cloreto de potássio. Aos demais tratamentos foram incorporadas as seguintes proporções (v.v) do composto: 100:0; 80:20; 60:40; 40:60 e 20:80. Os saquinhos foram encanteirados aleatoriamente sobre piso britado, em viveiro de mudas coberto com sombrite, que permitiu passagem de 50% de luminosidade.

As sementes de ipê-amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) são de empresa certificada, sendo a semeadura feita em sementeira com areia. Quando as plântulas apresentaram de 2 a 3 pares de folhas e 5 cm de altura, foi feita a repicagem de uma muda para cada saco plástico, contendo os substratos de seus respectivos tratamentos. O tempo de permanência das mudas no viveiro foi de 120 dias. Aos 45, 90 e 120 dias após o transplante, foram mensuradas alturas das plantas (medida do substrato até a gema apical), utilizando régua graduada e diâmetro do coleto com auxílio de um paquímetro digital.

Tabela 2. Classes de solo e textural, relação de solo/composto.

Table 2. Soil and textural classes, soil/composite ratio.

Solo, S	Textura, T	% de solo, S	% de Composto, C	Tratamentos, T
Cx	Argilosa (A)	100	0	A0
	Argilosa (A)	80	20	A20
	Argilosa (A)	60	40	A40
	Argilosa (A)	40	60	A60
	Argilosa (A)	20	80	A80
LA	Média (M)	100	0	M0
	Média (M)	80	20	M20
	Média (M)	60	40	M40
	Média (M)	40	60	M60
	Média (M)	20	80	M80

Cx: Cambissolo háplico; LA: Latossolo Amarelo distrófico.

Cx: Inceptsoil; LA: Oxisoil.

Aos 120 dias após o transplante, as plantas foram cortadas, separadas em raiz e parte aérea, lavadas, acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C, até a obtenção de peso constante, passando a compor a massa seca da parte aérea – MSPA e a massa seca da raiz – MSR. Foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson – IQD (Dickson et al., 1960), através da fórmula: $IQD = MST / (H/D + MSPA/MSR)$, onde: Q: MST (g) = massa seca total; H (cm) = altura; D (mm) = diâmetro do colo; MSPA (g) = massa seca da parte aérea; MSR (g) = massa seca da raiz.

As amostras de matéria seca da parte aérea foram enviadas ao Laboratório de Análise de Plantas da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu, sendo determinados N, P, K, Ca, Mg e S, de acordo com metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, testes de médias (Scott Knott) e de regressão, empregando-se o programa estatístico SISVAR 4.2 (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química dos substratos está apresentada na Tabela 3. Os valores de pH estão entre 5,2 e 6,1, portanto dentro da faixa considerada adequada (5,0 a 6,5) para produção de mudas florestais (Valeri e Corradini, 2000). Embora a acidez seja uma das características mais limitantes à disponibilidade de nutrientes para as plantas, Kämpf (2000) enfatiza que há maior disponibilidade de nutrientes em substratos de base orgânica quando os mesmos apresentam pH (em água) situado entre 5,2 e 5,5.

Para avaliar a qualidade dos materiais, as concentrações de P, K, Ca e Mg foram comparadas aos valores considerados “adequados” para substratos, visando à produção de mudas florestais, de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996): P resina acima de 400 mg.dm⁻³, o K trocável entre 3,0 e 10 cmolc.dm⁻³, Ca entre 10 e 20 cmolc.dm⁻³ e Mg entre 5 e 10 cmolc.dm⁻³, respectivamente. Os teores de P encontrados para todos os tratamentos (Tabela 3) são considerados baixos, entretanto, necessariamente não podem ser considerados impeditivos para o crescimento inicial de uma espécie climax, como o ipê.

Tabela 3. Caracterização química dos substratos compostos pelas proporções de solo e biossólido.

Table 3. Chemical characterization of substrates composed of soil and biosolid proportions.

Tratamentos	pH	P ²	K ¹	Ca ¹	Mg ¹	M.O ³	CE	C/N
		mg dm ³	-----cmolc dm ⁻³ -----			dag kg ⁻¹	mS cm ⁻¹	
A0	5,2	125	3,1	3,5	3,4	2,0	1,0	–
A20	5,4	112	3,8	3,2	3,2	3,0	1,1	9/1
A40	5,5	101	4,8	3,8	3,3	6,0	1,1	10/1
A60	5,2	93	5,6	3,7	3,0	15,0	1,3	10/1
A80	5,1	92	5,9	3,6	3,3	18,0	1,9	8/1
M0	6,1	91	3,0	4,9	4,0	3,0	0,9	–
M20	5,6	92	4,7	3,6	3,5	3,9	1,1	10/1
M40	5,4	105	6,4	3,5	3,7	6,0	1,1	9/1
M60	5,9	113	8,4	2,8	3,6	8,0	1,6	9/1
M80	5,6	109	10,2	2,6	3,8	12,0	2,0	8/1

A – solo argiloso; M – solo de textura média.

A – clay soil; M – medium texture soil.

Os teores de K permaneceram dentro da faixa considerada adequada para todos os tratamentos (Tabela 3) e o aumento das concentrações deste nutriente acompanhou as doses de lodo de esgoto adicionadas ao substrato, o que certamente se deve à de incorporação dos resíduos da agroindústria do palmito, ricos neste elemento, ao processo de compostagem. A reconhecida pobreza dos lodos de esgoto em K pode, assim, ser contornada pela adição desse resíduo rico em K, dispensando a adição do adubo mineral.

As concentrações de Ca e Mg foram consideradas baixas para substratos, o que pode ser reflexo da composição dos materiais utilizados na compostagem e dos solos adicionados às misturas.

A adição de composto aumentou os percentuais de matéria orgânica para os dois solos estudados (Tabela 3), o que resultou em incremento da capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, importante para a retenção de nutrientes em formas disponíveis para as mudas (Nobrega et al. 2007).

3.1 Avaliações Biométricas

Na Tabela 4 são mostradas as alturas de mudas de ipê-amarelo aos 45, 90 e 120 dias após o transplantio – DAT. Aos 45 DAT, somente o

tratamento com 60% de composto resultou em alturas significativamente superiores aos demais. Tal fato pode estar associado ao reconhecido crescimento lento da espécie (clímax) em fase inicial, bem como à liberação lenta dos nutrientes via decomposição/mineralização da matéria orgânica nos primeiros meses. De acordo com Resende et al. (1999) e Siqueira et al. (1995), o crescimento inicial das espécies clímax é pouco influenciado pelo nível de fertilidade do solo, o que poderia ser indicativo de maior adaptação a solos pouco férteis, ou de um rígido ajuste da taxa de crescimento às condições de baixa disponibilidade de nutrientes, o que restringe sua sensibilidade à melhoria nos níveis de fertilidade do solo.

Aos 90 DAT, apenas o tratamento à base solo e adubação mineral foi estatisticamente inferior aos demais, para o solo de textura média. Carvalho Filho et al. (2004) enfatizaram que a terra de subsolo tem sido comumente utilizada como principal material no preenchimento de embalagens plásticas, entretanto, geralmente apresenta baixos níveis de nutrientes. Os maiores valores de altura no solo argiloso ocorreram quando foi utilizado 20% de composto orgânico.

Tabela 4. Altura de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* em função dos tratamentos e dias após o transplantio – DAT.
Table 4. Height of seedlings of *Handroanthus chrysotrichus* according to treatments and days after transplanting – DAT.

Composto (%)	M	A	M	A	M	A
	Altura 45 DAT		Altura 90 DAT		Altura 120 DAT	
------(cm)-----						
0	6,17 a	5,66b	6,95b	7,72b	10,57 b	9,20 b
20	6,30a	5,75b	9,55a	11,34 a	26,53 a	29,70 a
40	5,84a	5,75b	9,14a	7,98b	25,35 a	28,44 a
60	6,11a	6,78a	9,98a	9,30b	27,48 a	22,65 a
80	6,85a	5,71b	9,28a	8,92b	21,60 a	13,75 b
Média	6,25A	5,93A	8,98A	9,05A	22,30 A	20,75 A

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna comparam proporções de composto e maiúsculas na linha comparam texturas, não diferindo entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column compare compost proportions and uppercase in the line compare textures, not differing from each other by Scott Knott test at 5% probability.

Houve efeito das proporções de solo e composto na altura das plantas aos 120 dias após o transplantio, o que não ocorreu quando da comparação entre as classes de textura. De acordo com Paiva e Gomes (2000), mudas de espécies arbóreas estão aptas para o plantio no campo quando a altura da parte aérea estiver acima de 15 cm, o que só foi verificado neste estudo na medição realizada aos 120 dias após o transplantio. Os maiores valores de altura foram obtidos para os tratamentos em que foram utilizados na formulação dos substratos, compostos orgânicos em diferentes proporções. Esses resultados são importantes do ponto de vista do manejo, pois, normalmente, aos 120 dias, são comuns valores de altura entre 15 e 20 cm, característicos do desenvolvimento de espécies de crescimento lento como o ipê-amarelo. O acréscimo de fontes de matéria orgânica reduziria, assim, o tempo da muda em viveiro, resultando em economia para o produtor. Diversos autores têm comprovado que a adição de composto orgânico aos substratos usados para produção de mudas resulta em benefícios como o fornecimento de macro e micronutrientes e a redução do Al trocável. A exceção ocorreu para a proporção de 80% de composto orgânico no solo textura média (M), na qual os resultados são estatisticamente iguais ao tratamento em que foi utilizado 100% de solo e adubação mineral. Trigueiro e Guerrini, (2014), avaliando o crescimento de mudas de aroeira pimenteira, verificaram menor crescimento de mudas com proporções de biossólido acima de 60% do total.

Para os substratos formulados à base de solo de textura média (M), as mudas atingiram altura máxima com a adição de 60% de composto, já para os formulados à base do solo de textura argilosa (A), a altura máxima foi alcançada com a adição de 20% de composto orgânico. Tal resultado reforça a diferença de resposta à adição de matéria orgânica entre solos argilosos e arenosos.

A areia possui atributos, como partículas minerais inertes e baixa capacidade de retenção de água e nutrientes (Wendling, 2002), além de possuir baixa saturação por bases. Ajjalla et al. (2012) recomendam a utilização de solos de textura média para a formulação de substratos de espécies de cerrado como o ipê.

As mudas produzidas em substratos à base de composto orgânico, à exceção da proporção 80% de composto orgânico para o solo argiloso, apresentaram desenvolvimento em altura estatisticamente superior àquelas cultivadas somente com solo e adubação química.

O diâmetro do colo é uma variável observada para avaliar a capacidade de sobrevivência de mudas de diferentes espécies florestais no campo. Segundo Caldeira et al. (2008), o diâmetro do colo das mudas plantadas no campo deve ter entre 2,0 e 2,5 mm. Nesse sentido, já aos 45 dias após o transplantio (Tabela 5), as mudas de todos os tratamentos já apresentavam esse padrão. Não foram verificadas diferenças estatísticas entre os substratos produzidos a partir de solos das diferentes classes texturais.

A relação entre a altura e o diâmetro do colo (H/D) indica a qualidade da muda em qualquer fase do período de produção, devendo situar-se entre os limites de 5,4 a 8,1 (Carneiro, 1995). Nas proporções equivalentes a 100% de solo (Tabela 6), em que a fertilização foi feita apenas via adubo mineral, foram verificados valores de H/D inferiores aos recomendados para mudas de qualidade. Tal resultado reitera a importância do componente orgânico na composição de substratos para a produção de mudas de espécies florestais. As diferenças significativas entre as médias para o FR e o FRA são reflexos do comportamento de classes de solo quando da adição de matéria orgânica e podem servir de base para futuras indicações de dosagens de adubação orgânica na composição de substratos para mudas florestais.

Tabela 5. Diâmetro do colo de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* em dois solos e diferentes proporções de composto aos 45, 90 e 120 dias após o transplantio – DAT.Table 5. *Handroanthus chrysotrichus* stem diameter in two soils and different proportions of compost in 45, 90 and 120 days after transplanting – DAT.

Composto (%)	M	A	M	A	M	A
	Altura 45 DAT		Altura 90 DAT		Altura 120 DAT	
------(cm)-----						
0	2,16	2,26	2,58	3,43	2,96 b	3,74 b
20	2,13	2,24	3,67	3,61	4,70 a	4,95 a
40	2,13	2,37	3,03	3,74	3,63 b	4,61 a
60	2,18	2,44	3,42	3,61	4,32 a	4,18 b
80	2,22	2,53	3,34	2,90	4,35 a	3,42 b
Média	2,16 A	2,36A	3,21A	3,46 A	3,99 A	4,18 A

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparando proporções de composto) e maiúsculas na linha (comparando texturas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column (comparing compost proportions) and uppercase in the line (comparing textures) do not differ from each other by Scott Knott test at 5% probability.

Tabela 6. Relações de altura e diâmetro (H/D) e Índice de Qualidade de Dickson – IQD de mudas de *Handroanthus chrysotrichus* em dois solos e diferentes proporções de composto aos 120 dias após o transplantio.Table 6. Relationship of height and diameter (H/D) and Dickson Quality Index – IQD of *Handroanthus chrysotrichus* seedlings in two soils and different proportions of compost at 120 days after transplanting.

Composto(%)	M	A	M	A
	H/D		IQD	
0	3,68 b	2,69b	0,63c	0,73c
20	5,51a	6,12a	1,83a	1,78a
40	7,01a	6,64a	0,76c	0,89c
60	6,51a	5,52a	1,32b	1,27b
80	5,43 a	4,01b	1,16b	0,88c
Média	5,93 A	4,99B	1,14A	1,11a

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparando proporções de composto) e maiúsculas na linha (comparando texturas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column (comparing compost proportions) and uppercase in the line (comparing textures) do not differ from each other by Scott Knott test at 5% probability.

No cálculo do Índice de Qualidade de Dickson – IQD são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando os resultados de vários atributos importantes empregados na avaliação da qualidade das mesmas. Gomes e Paiva (2006) recomendam que o IQD deve ter o valor mínimo de 0,20 para mudas de qualidade. Neste estudo, as mudas de

todos os tratamentos avaliados, incluindo aqueles nos quais não foi utilizada adubação orgânica, apresentaram índices dentro do recomendado. Os maiores valores de IQD (Tabela 6), superiores aos demais, foram calculados para as mudas cultivadas com proporções de 20% de composto para as duas texturas de solo avaliadas. Não foi verificado efeito da textura do solo utilizado na composição dos substratos para esses índices.

Para a matéria seca da parte aérea – MSPA (Tabela 7), quando comparado o efeito do solo, apenas na proporção 80% de composto foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, com os maiores valores para o substrato á base do solo de textura média (M).

As mudas adubadas com composto orgânico apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo, quando comparadas àquelas cultivadas somente com solo e adubação mineral. Esses resultados se assemelham aos de outros trabalhos que também atestam os efeitos benéficos dos biossólidos na composição de substratos para mudas (Nobrega et al., 2007; Faustino et al., 2005).

O tratamento que apresentou os melhores resultados para MSPA, MSR e MST foi o formulado à base de 20% de composto orgânico para as duas texturas de solo avaliadas. Nobrega et al. (2007), avaliando o crescimento de aroeira pimenteira em dois tipos de solos (LVA e RQ), encontraram valores máximos de MSPA equivalentes de 37 e 34% de acréscimo biossólido para cada solo, valores semelhantes ao deste estudo. Não foi verificado efeito das texturas de solo para MSR, relação MSPA/MSR e MST. Resultado semelhante foi verificado por Ajalla et al. (2012), que obtiveram maior massa seca de raízes em mudas de baru (*Dipteryx alata*) desenvolvidas em solos de textura argilosa, em comparação aos solos de textura arenosa.

A matéria seca da parte aérea – MSR, a exemplo da MSPA apresentou incrementos de até cinco vezes quando comparada aos tratamentos em que foi utilizada apenas a adubação mineral para os dois solos avaliados, o que mais uma vez reforça o benefício do uso da matéria orgânica na composição de substratos para mudas florestais. A adição de matéria orgânica acentua o efeito sobre a fertilidade do solo, pois é fonte de nutrientes para as plantas, afetando também a aeração, permeabilidade e capacidade de retenção de água pelo solo, através da capacidade de formação e estabilização dos agregados (Silva et al., 2010).

Para Caldeira et al. (2008), os valores expressos pela relação MSPA/MSR devem ser próximos de 2,0 para mudas de qualidade. Assim, no presente estudo, o valor mais próximo desse índice foi alcançado na proporção de 40% de composto orgânico, sendo estes significativamente diferentes e superiores para o solo FR. O mesmo também ocorreu na comparação das médias dos tratamentos. Os melhores resultados alcançados pelo uso do biossólido na composição de substratos com solos de textura mais argilosa podem ser explicados pela maior CTC apresentada por estes. A maior probabilidade de perdas de N por lixiviação ou volatilização deve ocorrer em solos de textura mais arenosa (Smith et al., 1998).

Tabela 7. Matéria seca da parte aérea – MSPA, matéria seca de raiz – MSR, MSPA/MSR e matéria seca total – MST de mudas de *Handroanthus chrysotrichus*, em dois solos e diferentes doses de composto, aos 120 dias após o transplantio.

Table 7. Niger shoots, dry matter, root dry matter and total dry matter of *Handroanthus chrysotrichus* seedlings in two soils and different levels of compost at 120 days after transplanting.

Composto (%)	M	A	M	A	M	A	M	A
	MSPA		MSR		MSPA/MSR		MST	
	----- g planta ⁻¹ -----							
0	1,24d	0,84c	1,57c	1,44d	0,79a	0,60c	2,82d	2,29d
20	5,50a	6,43a	6,25a	6,31a	0,88a	1,03b	11,75a	12,75a
40	3,06c	4,99b	3,07b	2,69c	0,99a	1,99a	6,14c	7,69b
60	4,06b	4,52b	5,45a	3,94b	0,75a	1,14b	9,51b	8,46b
80	3,13c	1,79c	3,92b	2,42c	0,79a	0,74c	7,06b	4,21c
Média	3,40A	3,71A	4,05A	3,36A	0,84A	1,10A	7,11A	7,36A

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparando proporções de composto) e maiúsculas na linha (comparando texturas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column (comparing compost proportions) and uppercase in the line (comparing textures) do not differ from each other by Scott Knott test at 5% probability.

Não houve efeito individual das proporções de compostos orgânicos aplicados, nem das texturas de solo para os teores de N, P e Ca na parte aérea das mudas de ipê avaliadas no presente estudo (Tabela 8).

As concentrações de macronutrientes nas folhas refletem a qualidade e eficiência no fornecimento de nutrientes pelos substratos avaliados. Os valores obtidos foram comparados com os sugeridos por Silva (2015) para diferentes espécies de ipê, referentes aos teores foliares de nutrientes considerados adequados. Os níveis adequados de macronutrientes (g/kg) são, em mg kg⁻¹: N (19 a 23); P (2,0 a 2,7); K (16 a 18); Ca (10 a 18); Mg (1,5 a 3,2); S (2,2 a 2,4). Assim, verificou-se que os teores de N para todos os tratamentos, incluindo aqueles em que não foi utilizada a adubação orgânica, foram considerados elevados. Segundo Landis (1989), altos níveis de fertilização ou alta disponibilidade de nutrientes podem levar à absorção de qualquer um dos 13 nutrientes, porém no processo da formação das mudas, acumulam em maiores níveis N e K. Essa absorção não é considerada danosa, porém se levada em consideração a necessidade da planta, passa a ser um desperdício de adubo. Esses autores consideram, ainda, que a absorção de luxo de N é muito comum na fase de crescimento rápido das plantas, como é o caso da fase de muda. Scheer et al. (2012) afirmam que as quantidades de N presentes nos biossólidos são suficientes para suprir as necessidades das mudas e elevam consideravelmente os teores desse nutriente na parte aérea.

Nos tratamentos em que foi utilizado apenas o adubo mineral (0 composto) para as duas texturas avaliadas, os teores de P na parte aérea foram considerados dentro da faixa “adequada”, sugerida por Malavolta et al. (1997), nos demais tratamentos estes teores foram considerados acima do adequado. Sabendo-se que os teores de P nos substratos (Tabela 3) foram classificados como “baixos”, de acordo com Gonçalves e Poggiani (1996), credita-se essa liberação à degradação da matéria orgânica presente nos substratos (relação C/N variando

entre 8 e 10/1). Poucas pesquisas têm sido realizadas quanto à análise de tecido vegetal em mudas de ipê-amarelo. Resende et al. (1999) avaliaram o acúmulo e a eficiência nutricional de macronutrientes de mudas de *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. em resposta à fertilização fosfatada em Latossolo Vermelho-Escuro no período de 90 dias, sendo constatadas elevadas concentrações foliares de fósforo. De acordo com os mesmos autores, deve ser considerado que provavelmente essa espécie seja bastante exigente em fósforo, o que limita seu crescimento em solos de baixa fertilidade. Souza et al. (2005), avaliando o crescimento de ipê (*Tabebuia serratifolia*) em substratos à base de terra de subsolo e composto orgânico, encontraram resultados semelhantes.

Não foi verificado efeito das diferentes classes de textura do solo para os teores de K na parte aérea das mudas avaliadas (Tabela 8). Comparando-se os teores de K na parte aérea das mudas de ipê deste estudo como os considerados adequados por Silva (2015), verificou-se que a adição de proporções de composto a partir de 40 (%) resultaram em teores acima do considerado adequado, o que no solo de textura média só ocorreu na proporção 60% de composto. Na caracterização química dos substratos testados (Tabela 3), verificou-se um aumento da condutividade elétrica com a incorporação de biossólido à mistura, bem como dos teores de K, o que pode explicar os resultados. Trigueiro e Guerrini (2003), avaliando atributos físicos e químicos de substratos à base de biossólido e casca de arroz carbonizada, também verificaram aumentos na CE destes materiais à medida que aumentou a dose de biossólido. Segundo Gonçalves et al. (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de 1,0 mS cm⁻¹, em determinações realizadas a partir de extrato de diluição de 1:1,5. Na proporção 80% de composto orgânico, o comportamento foi inverso ao apresentado pela altura de plantas, indicando que, no de textura média, a dose mais elevada pode ter causado efeito salino e prejudicado o crescimento dessas plantas.

Tabela 8. Teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) em mudas de *Handroanthus chrysotrichus*, em dois solos e diferentes doses de composto aos 120 dias após o transplantio.Table 8. Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) contents in *Handroanthus chrysotrichus* seedlings in two soils and different levels of compost at 120 days after transplanting.

Composto (%)	M	A	M	A	M	A
	N		P		K	
	----- (g kg ⁻¹)-----					
0	27,00	26,66	2,30	2,46	14,66b	10,66c
20	28,66	27,01	4,01	2,81	14,33b	16,33b
40	28,02	28,33	3,92	4,33	16,33b	19,66a
60	33,03	28,66	5,61	4,80	22,66a	19,0a
80	28,66	31,03	4,44	4,83	16,33b	20,0a
Média	29,06	28,33	4,04	3,72	16,86A	17,13A

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparando proporções de composto) e maiúsculas na linha (comparando texturas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column (comparing compost proportions) and uppercase in the line (comparing textures) do not differ from each other by Scott Knott test at 5% probability.

Em comparação com os teores de Ca considerados adequados (3-12 g kg⁻¹) por Silva (2015), todos os tratamentos (Tabela 9) que receberam biossólidos resultaram em teores dentro destes índices. O efeito de antagonismo esperado pelas elevadas concentrações de potássio, que normalmente inibem a absorção de cálcio, parece ter ocorrido neste estudo, em que, apesar de serem observadas reduções nos teores de Ca e Mg com o aumento das proporções de biossólido e, conseqüentemente de K aplicadas, esses decréscimos não causaram efeitos deletérios às mudas. Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram comportamento semelhante para mudas de eucalipto submetidas a diferentes concentrações de biossólido e casca de arroz carbonizada. Nesse sentido, Canellas et al. (2001) assinalaram que a incorporação de resíduos procedentes do lixo urbano em solos de diferentes texturas

promoveu aumento nos teores de Ca e Mg, refletindo no melhor desenvolvimento das mudas de ipê-roxo.

Os teores de Mg na parte aérea das mudas de ipê excederam os limites considerados adequados para todos os tratamentos, mas sem prejuízo para a qualidade das mudas. Para o S, os teores encontrados enquadram-se na faixa considerada adequada por Silva (2015).

O aproveitamento de lodos de esgoto, gerados nas estações de tratamento de efluentes urbanos, na composição de substratos, pode tornar-se uma alternativa bastante viável de disposição final destes materiais, principalmente se adicionados outros resíduos disponíveis em cada região. No Vale do Ribeira, o enriquecimento dos lodos com resíduos da agroindústria do palmito é viável e contribuiria para a disposição adequada de dois materiais com potencial poluente.

Tabela 9. Teores de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em mudas de *Handroanthus chrysotrichus* em dois solos e diferentes doses de composto orgânico aos 120 dias após o transplântio.

Table 9. Calcium (Ca), Magnesium (Mg) and Sulfur (S) contents in *Handroanthus chrysotrichus* seedlings in two soils and different levels of organic compost at 120 days after transplanting.

Composto (%)	M	A	M	A	M	A
	Ca		Mg		S	
	------(g kg ⁻¹)-----					
0	17,66a	19,33a	5,83a	5,40a	1,93a	1,70a
20	17,33a	18,33a	5,26a	4,70a	2,10a	1,86a
40	15,66a	14,66b	5,06a	3,90a	2,10a	2,02a
60	15,00b	14,33b	4,73a	4,66a	2,86a	2,20a
80	15,00b	14,00b	5,03a	4,21a	2,20a	2,23a
Média	16,53A	16,33A	5,18A	4,57A	2,24A	2,0A

A – solo argiloso; M – solo de textura média. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna (comparando proporções de composto) e maiúsculas na linha (comparando texturas) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A – clay soil; M – medium texture soil. Means followed by the same lowercase in the column (comparing compost proportions) and uppercase in the line (comparing textures) do not differ from each other by Scott Knott test at 5% probability.

4 CONCLUSÕES

A adição de biossólido aumentou as concentrações de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio dos substratos, melhorando sua fertilidade.

O desenvolvimento máximo das mudas foi obtido com as proporções 20% composto orgânico para solos de textura média e argilosa, respectivamente.

O biossólido formulado à base de lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito foi capaz de suprir as necessidades nutricionais do ipê-amarelo, sendo desnecessária a adição de adubos químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJALLA, A.C.A. et al. Produção de mudas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) sob três níveis de sombreamento e quatro classes texturais de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 888-896, 2012.

ALTAFIN, V.L. et al. Utilização de lodo de fosfatização na produção de mudas de espécies nativas. **Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 20 set. 2015.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CANELLAS, L.P. et al. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, 2001.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

ARRUDA, S.B. de et al. Biossólido na produção de mudas em *Handroanthus chrysotrichus*.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, v. 3, p. 1-4, 1981.

CARVALHO FILHO, J.L.S.; ARRIGONIBLANK, M.F.; BLANK, A.F. Produção de mudas de angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 61-67, 2004.

CUNHA, A.M. et al. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, p. 207-214, 2006.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/V12/Producao/producao.html>>. Acesso em: 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAUSTINO, R. et al. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Senna siamea* Lam. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 278-282, 2005.

FERREIRA, D.F. **SisVar** – programa estatístico. Versão 4.2 (Build 39). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação assexuada)**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 190-225.

GOMES, J.M.; SILVA, A.R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J.G. et al. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 190-225.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. IN: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 427.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo. 1996. CD-ROM.

GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 188-201, 2003.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólido e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

LANDIS, T.D. **The container tree nursery manual**. Washington, DC: Public Affairs Office, 1989. 118 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

NASCIMENTO, C.W.A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após a aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004.

NOBREGA, R.S.A. et al. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 239-246, 2007.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. **Viveiros florestais**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 69 p. (Cadernos Didáticos, 72).

RESENDE, A.V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.

ROCHA, G.N.; GOLÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

SCHEER, M.B. et al. Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 613-621, 2012.

SILVA, A.A. **Teor de nutrientes e crescimento de mudas de ipês em latossolo amarelo distrófico com adição e omissão de calcário e nutrientes**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho.

SILVA, F.A.M. et al. Composição de substratos produzidos com lodo de esgoto e resíduos da agroindústria do palmito. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30., 2012, Maceió. **Anais...** Maceió: SBCS, 2012. CD-ROM.

_____. et al. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 266 p.

SILVA, M.M.; QUEIROZ, L.P. A família Bignoniaceae na região de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas**, v. 3, n. 1/2, p. 3-21, 2003.

SIQUEIRA, J.O. et al. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28 p.

SMITH, S.R.; WOODS, V.; EVANS, T.D. Nitrate dynamics in biosolids-treated soils. I. Influence of biosolids type and soil type. **Bioresource Technology**, v. 66, p. 139-149, 1998.

SOUZA, V.C. et al. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Agropecuária Técnica**, v. 26, n. 2, p. 98-108, 2005.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Uso de biossólidos como substratos para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 164, p. 150-162, 2003.

ARRUDA, S.B. de et al. Biossólido na produção de mudas em *Handroanthus chrysotrichus*.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 657-665, 2014.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 167-190.

WENDLING, I. et al. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

**A INFLUÊNCIA DA LUZ E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
Bathysa australis (A.St.-Hil.) K.Schum. (RUBIACEAE)¹**

**THE INFLUENCE OF LIGHT AND TEMPERATURE ON GERMINATION OF
Bathysa australis (A.St.-Hil.) K.Schum. (RUBIACEAE) SEEDS**

Silvana Cristina Pereira Muniz de SOUZA^{2, 4}; Carlos Alfredo JOLY³

RESUMO – A escassez de informações sobre as condições de germinação das espécies tropicais dificulta a classificação sucessional de muitas delas. *Bathysa australis* já foi classificada, a partir de observações de campo, como espécie de subosque e secundária inicial. Com o objetivo de fornecer informações sobre as condições preferenciais de germinação de *B. australis*, verificamos a influência da luz e temperatura na sua germinação. Foram realizados os seguintes tratamentos: i) luz com temperatura constante (25 °C), ii) luz com temperatura alternada (10/20 °C), iii) ausência de luz com temperatura constante (25 °C) e iv) ausência de luz com temperatura alternada (10/20 °C). Foram avaliados os seguintes parâmetros: porcentagem de germinação (G), tempo de germinação, velocidade de germinação e o índice de sincronização da germinação. As sementes germinaram apenas nos tratamentos de luz, iniciando a germinação no sétimo dia à temperatura constante (G = 61%), e no 15º dia quando submetidas ao tratamento de temperaturas alternadas (G = 40%); para os parâmetros tempo, velocidade e índice de sincronização da germinação o tratamento de luz e temperatura constante foi significativo, indicando as condições mais favoráveis à germinação de *B. australis*. A espécie apresentou fotoblastismo positivo absoluto e tolerância à alternância de temperatura, indicando que em condições naturais germinam em bordas de mata, clareiras grandes a intermediárias e em áreas em regeneração. Com base nestes resultados é possível classificar *Bathysa australis* como secundária inicial.

Palavras-chave: fotoblastismo positivo absoluto; classificação sucessional; secundária inicial; intolerância à sombra.

ABSTRACT – The scarcity of information on the conditions of germination of tropical species makes it difficult to classify many of them. *Bathysa australis* has already been classified, from field observations, as understory species and initial secondary succession. In order to provide information on the preferential germination conditions of *B. australis* we verified the influence of light and temperature on its germination. The following treatments were performed: i) light with constant temperature (25 °C), ii) light with alternate temperature (10/20 °C), iii) absence of light with constant temperature (25 °C) and iv) absence of light with alternate temperature (10/20 °C).

¹Recebido para análise em 01.06.17. Aceito para publicação em 14.12.17.

²Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

³Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Vegetal, Caixa Postal 6109, 13081-970, Campinas, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Silvana Cristina Pereira Muniz de Souza – silvana1souza@gmail.com

The following parameters were evaluated: germination percentages (G), germination time, speed of germination and germination synchronization index. The seeds germinated only in the light treatments, initiating the germination on the 7th day at the constant temperature (G = 61%), and on the 15th day at the alternating temperature (G = 40%); for the parameters time, speed and synchronization index of the germination the treatment of light at constant temperature was significant, indicating the conditions more favorable to the germination of *B. australis*. The species presented absolute positive photoblastic and tolerance to alternate temperature, indicating that in natural conditions they germinate at forest edges, large clearings at intermediate and in regenerated areas. Based on these results it is possible to classify *Bathysa australis* as initial secondary succession.

Keywords: absolute positive photoblastic; successional classification; initial secondary succession; shade-intolerance.

1 INTRODUÇÃO

A germinação de sementes pode ser influenciada por diversos fatores endógenos e exógenos, entre os últimos são considerados de maior importância nas regiões tropicais: a luz, a temperatura e a umidade (Vazquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1993; Válio e Scarpa, 2001; Pearson et al., 2003).

Em ambientes naturais, as sementes podem ser encontradas sob diferentes regimes de luz e temperaturas, as quais podem variar de acordo com a formação florestal, estrutura do dossel e estágio sucessional da vegetação. As diferentes respostas à luz, no processo de germinação, são impostas por diferenças na capacidade de filtrar a luz solar; fotorreceptores, em especial o fitocromo, presente nas estruturas clorofiladas que protegem a semente em desenvolvimento, são responsáveis pela percepção, interpretação e transdução dos sinais luminosos (Kendrick e Kronenberg, 1994; Maekawa et al., 2010).

O fator inicial e essencial que determina a germinação de sementes viáveis e não dormentes é a disponibilidade de água para a embebição (Bewley e Black, 1994). A temperatura pode interagir com a luminosidade e associada às características da espécie agir como indutor da germinação nas espécies que apresentam dormência (Albuquerque et al., 2003). Sementes de muitas espécies expressam seu máximo potencial germinativo em temperaturas constantes, porém,

outras o fazem sob temperaturas alternadas (Figliolia et al., 1993). O efeito da temperatura na germinação impacta principalmente no tempo necessário para se obter a germinação máxima e pode ser registrado por intermédio da velocidade, uniformidade e porcentagem na germinação (Labouriau, 1983; Carvalho e Nakagawa, 2000).

Baseados na resposta à luminosidade, as espécies vegetais podem ser diferenciadas em dois grupos ecológicos: intolerantes e tolerantes à sombra (Hartshorn, 1980), entretanto, esta classificação simplificada desconsidera um grande número de espécies com grau intermediário de respostas à luz (Osunkoya et al., 1994). Esse tema é amplamente discutido na literatura com a proposição de diversos agrupamentos pautados principalmente na luminosidade (Swaine e Whitmore, 1988; Whitmore, 1990; Brancalion et al., 2015).

No entanto, há escassez de informações sobre as condições preferenciais de germinação de grande parte das espécies tropicais, ocasionando, frequentemente, classificações sucessionais baseadas apenas em observações empíricas, muitas vezes contraditórias. Entre essas espécies, encontra-se a *Bathysa australis* (A.St.-Hil.) K.Schum. (fumão, cauassu, macaqueiro), que ocorre em matas de encosta ou de tabuleiro e é característica do estrato arbóreo inferior (Germano-Filho, 1999). Ela foi classificada como espécie de subosque por Tabarelli et al. (1993), em Floresta Ombrófila Densa sob regeneração, e como secundária inicial por Leite e Rodrigues (2008), em Floresta Estacional Semidecidual.

Com a finalidade de contribuir na classificação sucessional de *Bathysa australis* a partir de informações sobre as condições preferenciais de germinação desta espécie, este estudo teve como objetivo verificar a influência da presença ou ausência de luz e do regime de temperatura, *i.e.*, temperatura constante e temperaturas alternadas, na germinação de *B. australis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros de *Bathysa australis* foram colhidos de 15 árvores matrizes, no interior do Parque Estadual de Carlos Botelho – PECB, núcleo Sete Barras (24°00' a 24°15'S, 47°45' a 48°10'O). Esta área está localizada no município de Sete Barras, região sul do Estado de São Paulo, sobre a vertente atlântica da Serra de Paranapiacaba. A vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa Submontana (cota de 300 m) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2012).

O Parque Estadual de Carlos Botelho está localizado na unidade geomorfológica conhecida como Planalto de Guapiara, apresenta clima quente úmido sem estiagem, classificada como Cfa segundo o sistema de Köppen (1948), com temperaturas inferiores a 18 °C no mês mais frio e superiores a 22 °C no mês mais quente. A área é caracterizada, predominantemente, por períodos de excedente hídrico, com precipitação média anual de 1.582 mm (Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE), concentrando-se nos meses de outubro a março (Destefani et al., 2006).

Bathysa australis, apresenta-se como arvoretas, às vezes árvores ou arbustos com até 8 m de altura, ocorre com maior frequência em matas de encosta ou tabuleiros, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, assim como na região Centro-Oeste (Germano-Filho, 1999). É também encontrada em matas de interior, Floresta Estacional Semidecidual (Leite e Rodrigues, 2008). Os frutos de *Bathysa australis* são do tipo cápsulas septicidas, com sementes aladas, com ala pouco desenvolvida, circundante, de cor castanha (Germano-Filho, 1999).

Os frutos foram coletados diretamente das árvores matrizes com auxílio de podão. Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos de papel, identificados e imediatamente encaminhados ao Laboratório de Ecologia do Departamento de Biologia Vegetal da UNICAMP.

As sementes recém-coletadas foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 1% de cloro ativo por 10 minutos, seguido de enxágue em água estéril.

Ensaio preliminares foram realizados para avaliar a resposta das sementes à luz e à temperatura, de modo a se estabelecer protocolo experimental mais adequado. A protrusão da radícula foi considerada como indicativo de germinação.

Para os testes de germinação, as sementes foram acondicionadas em caixas do tipo gerbox, previamente forradas com papel filtro umedecido e mantidas em câmaras germinadoras (Fanem – BOD 147).

As sementes foram analisadas em quatro tratamentos, relativos à influência da luz (presença/ausência de luz) e da temperatura (constante/alternada) na germinação. O delineamento foi inteiramente casualizado (2 x 2), sendo duas condições de luminosidade e dois regimes de temperatura, com 10 repetições de 20 sementes, totalizando 200 sementes por tratamento.

Os ensaios de dependência da germinação em relação à luz (fotoblastismo) foram realizados à temperatura constante de 25 °C ± 2 °C e com alternância de temperatura 10/20 °C. Nos tratamentos que envolveram presença de luz, as sementes foram submetidas a fotoperíodo de 12 horas de luz, sendo mantidas sob luz fluorescente branca contínua (20 watts.cm⁻²). Nos tratamentos que envolveram ausência de luz, as sementes foram igualmente acondicionadas, contudo as caixas gerbox foram envolvidas por três sacos plásticos pretos opacos sobrepostos. Para os tratamentos que envolveram ausência de luz, as manipulações foram realizadas em câmara escura, com luz verde de segurança.

Nas câmaras germinadoras foi utilizada luz branca, uma vez que, segundo Borges e Rena (1993), a luz branca tem efeito semelhante ao da luz vermelha no interior da mata e na ativação do fitocromo.

A contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente até o vigésimo dia, após este período foi verificada em dias alternados, até o encerramento dos testes aos 81 dias após a instalação dos ensaios. Após esse período, as caixas gerbox submetidas ao ensaio com ausência de luz à temperatura constante (25 °C) foram submetidas a novo ensaio de luz de 1 hora por dia durante 30 dias, com as contagens sendo realizadas em dias alternados. Após o encerramento dos ensaios, foram calculados os seguintes parâmetros: porcentagem de germinação (G), tempo de germinação (\bar{t}), velocidade de germinação (\bar{v}) e índice de sincronização de germinação (\bar{E}) (Santana e Ranal, 2004), sendo:

$$G = \left(\frac{x}{n}\right) * 100$$

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

$$\bar{v} = \frac{1}{\bar{t}}$$

$$\bar{E} = -\sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$$

em que:

X : número de sementes germinadas;

n : tamanho da amostra;

t_i : tempo entre o início do experimento e a i -ésima observação (dia);

n_i : número de sementes que germinam no tempo t_i ;

k : último dia de observação;

f_i : frequência relativa de germinação.

Para a análise estatística, os dados foram testados quanto à normalidade e, apenas o índice de sincronização da germinação apresentou normalidade na distribuição;

porcentagem de germinação apresentou normalidade somente após a transformação em arco seno \sqrt{G} . A comparação entre as médias destes últimos foi realizada pelo teste t , com o nível de significância de 5% (Dalgaard, 2002). Os dados de velocidade e o tempo médio de germinação não apresentaram normalidade, mesmo após a transformação $\sqrt{(x+0,5)}$, logo, para estes dois parâmetros, foi aplicado aos dados originais o teste de Mann-Whitney, assumindo $\alpha = 0,05$, realizado pelo pacote estatístico “R” (Dalgaard, 2002). Para os referidos cálculos utilizamos o software R versão 3.3.3 (R Development Core Team, 2017).

3 RESULTADOS

Na condição de temperatura constante (25 °C) e presença de luz (fotoperíodo de 12 horas), as sementes começaram a germinar no sétimo dia. No tratamento de temperatura alternada (10/20 °C) a germinação iniciou-se no décimo quinto dia. A taxa de germinação foi maior no tratamento com luz à temperatura constante (61%), seguido do tratamento com luz à temperatura alternada (40%). No entanto, considerando a porcentagem de germinação, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos de temperatura constante e alternada ($t = -1,959$, $df = 10,363$, $p = 0,077$) (Tabela 1). Ambos os tratamentos na ausência de luz, temperatura constante e alternada, apresentaram taxa de germinação de 0% (Figura 1).

Tabela 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Bathysa australis* submetidas a condições de presença e ausência de luz e a temperaturas constante (25 °C) e alternadas (10/20 °C). Teste t , $p > 0,05$.

Table 1. Percentage of seed germination of *Bathysa australis* submitted to condition of presence and absence of light and constant and alternates temperatures. t test, $p > 0.05$.

	Germinação (%)		Valor de p
	Temperatura constante (25 °C)	Temperatura alternada (10/20 °C)	
Presença de luz	61	40	0,077
Ausência de luz	0	0	–

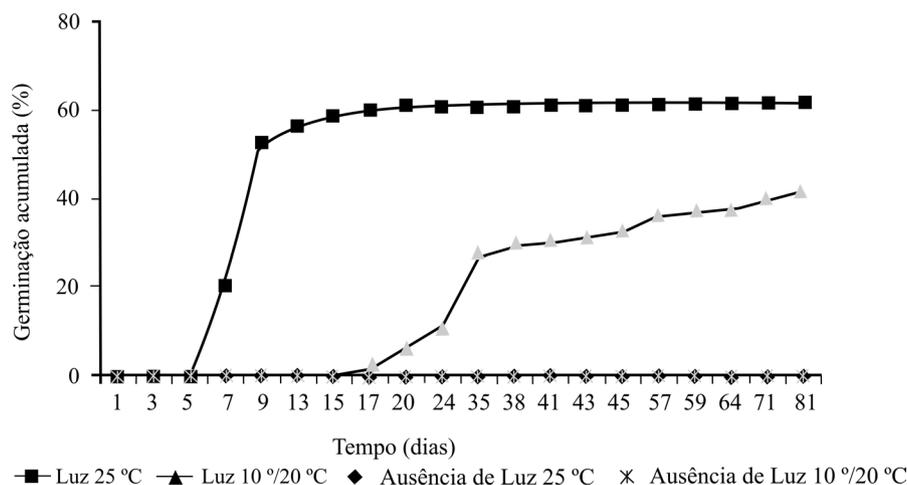


Figura 1. Porcentagem de germinação acumulada das sementes de *Bathysa australis*, submetidas aos seguintes tratamentos: luz com temperatura constante (25 °C), luz com temperaturas alternadas (10/20 °C), ausência de luz com temperatura constante (25 °C), ausência de luz com temperaturas alternadas (10/20 °C).

Figure 1. Percentage of accumulated germination of *Bathysa australis* seeds submitted to the following treatments: light with constant temperature (25 °C), light with alternates temperatures (10/20 °C), dark with constant temperature (25 °C), dark with alternates temperatures (10/20 °C).

Ao analisar o tempo médio de germinação dos ensaios com luz, o menor tempo foi o do tratamento com a temperatura constante (25 °C), *i.e.*, 12,08 dias. As sementes submetidas ao tratamento com temperatura alternada (10/20 °C) levaram um tempo médio de 39,03 dias para germinar (Tabela 2). Para esse parâmetro foram encontradas diferenças entre os tratamentos de temperatura constante e alternada ($U = 100$, $p = 1,08 \times 10^{-5}$), na presença de luz.

A velocidade média de germinação das sementes submetidas ao tratamento de temperatura constante (25 °C), na presença de luz, foi maior em relação às sementes submetidas ao tratamento de temperatura alternada (10/20 °C) ($0,090 \text{ dias}^{-1}$ e $0,026 \text{ dia}^{-1}$). Para esse parâmetro foram encontradas diferenças entre os tratamentos de temperatura constante e alternada ($U = 0$, $p = 0,00018$).

O índice de sincronização da germinação foi menor para a temperatura constante (1,25 bits) em relação à temperatura alternada (1,93 bits). Para esse índice foram encontradas diferenças entre os tratamentos de temperatura constante e alternada ($t = 3,926$, $df = 17,942$, $p = 9,6 \times 10^{-4}$) (Tabela 2).

Nos tratamentos submetidos à ausência de luz, independente das temperaturas, as sementes mantiveram sua viabilidade, pois após a

finalização do experimento inicial estas sementes foram submetidas a uma hora diária de luz e temperatura constante de 25 °C, iniciando a germinação no 17º dia, com germinação de 67,5%, tempo médio de germinação de 17 dias, velocidade de germinação de $0,060 \text{ dias}^{-1}$ e o índice de sincronização de 0,42 bits.

Os resultados obtidos indicam o fotoblastismo positivo absoluto das sementes da espécie estudada.

4 DISCUSSÃO

O tempo mínimo de sete dias para iniciar a germinação foi relativamente rápido se comparado a algumas espécies arbóreas nativas. Zaia e Tanaka (1998) também observaram o início da germinação de *Tibouchina pulchra* Cogn. (manacá) e *Pleroma granulosa* (Desr.) D.Don (quaresmeira) por volta do sétimo dia e associaram a rápida germinação a uma adaptação à colonização de áreas em estágio inicial de sucessão. Em habitats de clareira, em decorrência da competição existente entre plântulas, indivíduos que emergem mais cedo podem apresentar vantagem competitiva sobre aqueles que emergem tardiamente (Garwood, 1983).

Tabela 2. Resultados de tempos médios, velocidade média e índice de sincronização da germinação de *Bathysa australis* na presença de luz sob temperatura constante (25 °C) e temperatura alternada (10/20 °C). *Teste t, $p > 0,05$; **teste de Mann-Whitney, $p > 0,05$.

Table 2. Results of mean times, mean velocity and synchronization index of *Bathysa australis* germination in the presence of light under constant temperature and alternates temperatures. *t test, $p > 0.05$; **Mann-Whitney test, $p > 0.05$.

	Presença de luz		
	Temperatura constante (25 °C)	Temperatura alternada (10-20 °C)	Valor de p
Tempo médio (dias)	12,08	39,03	$1,08 \times 10^{-5**}$
Velocidade média (dias ⁻¹)	0,090	0,026	$1,8 \times 10^{-4**}$
Índice de sincronização da germinação (bits)	1,255	1,932	$9,6 \times 10^{-4**}$

Confirmamos a partir deste estudo o fotoblastismo positivo absoluto da espécie *Bathysa australis*, já que na situação de ausência de luz, a germinação foi nula independente do regime de temperatura, constante ou alternado. Segundo Ferreira et al. (2001), para serem fotoblásticas positivas, a germinação das sementes deve atingir mais do que o dobro do regime do escuro; já o fotoblastismo é absoluto, quando a germinação é nula na ausência de luz. Duz et al. (2004), em estudo com o objetivo de verificar a resposta de crescimento de plântulas de *B. australis* à variação de luz, observaram em teste preliminar que as sementes de *B. australis* não germinaram na condição de escuro.

O fotoblastismo é, provavelmente, o mais importante mecanismo pelo qual as sementes podem detectar clareiras na vegetação, como no caso de *Cecropia obtusifolia* Bertol. (embaúba), *Piper auritum* Kunth (erva-santa), *Pleroma granulosa* (quaresmeira), *Tibouchina pulchra* (manacá) e *Trema micranta* (L.) Blume (crindiúva), entre outras espécies tipicamente pioneiras que apresentam fotoblastismo positivo (Vazquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1984; Zaia e Tanaka, 1998).

O regime de temperatura, tanto na presença como na ausência de luz, não teve efeito significativo na porcentagem de germinação. O mesmo foi observado em sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha) por Silva et al. (2001) e em sementes de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naud (miconia) por Lopes e

Soares (2003), ambas as espécies com ocorrência predominante em áreas com alta incidência luminosa. Por outro lado, para o tempo médio e velocidade de germinação, o regime de temperatura constante (25 °C) apresentou desempenho superior em relação à temperatura alternada (10/20 °C) para *Bathysa australis*; Silva et al. (2007), em estudo com sementes de *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (monjoleiro), classificada como pioneira antrópica, observaram resultado semelhante.

O desempenho inferior das sementes, em termos da germinação, submetidas ao regime de temperatura alternada (10/20 °C), pode estar associado ao fato de que temperaturas inferiores à temperatura ótima tendem a reduzir a velocidade de germinação em decorrência da redução no metabolismo da semente, promovendo a germinação por período mais longo (Carvalho e Nakagawa, 2000; Silva et al., 2005; Maekawa et al., 2010). Por outro lado, sementes que germinam em condições de alternância da temperatura indicam a existência de mecanismos enzimáticos que funcionam em diferentes temperaturas; esta resposta corresponde a uma adaptação às flutuações naturais do ambiente (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1984; Araujo Neto et al., 2003).

No ensaio de temperatura alternada, a temperatura mínima de 10 °C, diminuiu significativamente o tempo e velocidade de germinação, no entanto, as diferenças não foram significativas para a taxa de germinação, indicando que *Bathysa australis* tolera tanto baixas temperaturas, como a alternância de temperatura.

O regime de temperatura alternada também promoveu diminuição na sincronização da germinação, indicando que *Bathysa australis* submetida ao regime de temperatura alternada distribui a germinação por vários dias. Segundo Santana e Ranal (2004), a perda de sincronia na germinação indica heterogeneidade fisiológica das sementes quando as sementes são mantidas em condições de temperaturas estressantes. Em circunstâncias naturais essa performance permite maior chance de as plântulas encontrarem ambiente favorável ao seu estabelecimento (Brancalion et al., 2008).

Alguns autores, como Barros et al. (2005), destacam que a alternância da temperatura pode substituir a necessidade de luz para a germinação, no entanto, *Bathysa australis* não seguiu este modelo, uma vez que, as sementes submetidas à temperatura alternada no escuro não germinaram e as sementes submetidas à alternância de temperatura na presença de luz não apresentaram desempenho superior para os parâmetros analisados.

As espécies que toleram a alternância de temperatura estariam adaptadas em condições naturais à variação da temperatura do solo. Em locais sem cobertura arbórea, a temperatura do solo pode flutuar drasticamente e a luz solar chegar ao solo, frequentemente sem filtros; já em locais cobertos pela vegetação, a temperatura tende a ser constante ao longo do dia, sendo a luz filtrada pela vegetação, chegando ao solo com menos intensidade (Bewley e Black, 1994).

A influência do fotoperíodo na germinação de *Bathysa australis* foi evidenciada quando as sementes ao fim do ensaio de ausência de luz, com germinação nula, foram submetidas à uma hora de luz diária, à temperatura constante (25 °C) e estas germinaram praticamente ao mesmo tempo, apresentando alta sincronização na germinação e alta porcentagem de germinação. Segundo Vazquez-Yanes e Orozco-Segovia (1984), o fotoperíodo atua no fitocromo e na capacidade deste de detectar a duração dos raios de luz direta que incidem

sobre as sementes. Zaia e Tanaka (1998) também verificaram a influência do fotoperíodo na germinação das sementes e como este varia entre espécies; *Tibouchina pulchra*, apresentou máxima germinação quando exposta a fotoperíodo de no mínimo oito horas diárias de luz, enquanto *Pleroma granulosa* exibiu máxima germinação quando submetida à fotoperíodo de duas horas. Em situações naturais o fotoperíodo corresponderia a diferentes tamanhos de clareiras, Vazquez-Yanes e Smith (1982) demonstraram que são necessárias várias horas de exposição diária a altas fontes de irradiação para que sementes de *Cecropia obtusifolia* e *Piper auritum* germinem totalmente. Esse desempenho é de extrema importância em processos de sucessão, por permitir a germinação dessas sementes apenas em clareiras suficientemente grandes, nas quais a radiação solar direta atinja o solo na maior parte do dia, o que possibilita a germinação e rápido crescimento de seus indivíduos. Geralmente, clareiras maiores assemelham-se à região imediatamente acima do dossel da floresta, enquanto clareiras pequenas se assemelham em condições de luz e temperatura com o interior da mata (Lima, 2005).

Duz et al. (2004), estudando plântulas de *Bathysa australis*, classificaram preliminarmente a espécie como de subosque, em concordância com Tabarelli et al. (1993). No entanto, verificaram que as plântulas de *B. australis* apresentaram maior plasticidade em alterar a densidade estomática, a massa seca e a razão da área foliar em resposta a irradiância do que *Cecropia glaziovii* Sneathl. (embaúba-vermelha), reconhecida como típica pioneira. Em vista disso, destacaram que a posição de *B. australis*, como espécie presente em áreas em estágio sucessional mais avançado, não poderia ser explicada por sua resposta em relação à luz, já que esta poderia ocorrer também em ambientes mais iluminados. Entretanto, defenderam o enquadramento inicial, de espécie de subosque, com base nos resultados obtidos para a taxa de crescimento relativo positiva em baixa irradiância, que, segundo os autores, não são contraditórios com sua ocorrência no subosque.

Tanto Leite e Rodrigues (2008) quanto Tabarelli et al. (1993) encontraram *Bathysa australis* em alta densidade em áreas com vegetação secundária em processo de regeneração, no entanto, apenas os primeiros autores apontaram para um perfil de colonizadora de áreas em regeneração para a espécie. Outras características, como a ocorrência no banco de sementes (Souza et al. 2017a), sementes pequenas e de baixa biomassa (Ressel et al., 2004), além da dispersão anemocórica (Pijl, 1982), são condizentes às categorias iniciais de sucessão.

As características elencadas acima associadas aos resultados obtidos para *Bathysa australis* neste estudo, *i.e.*, fotoblastismo positivo absoluto, rápida germinação, tolerância à alternância de temperatura e alta porcentagem de germinação em curto fotoperíodo corroboram a classificação da espécie como secundária inicial.

Segundo Gandolfi (2000), as espécies categorizadas como secundárias iniciais apresentam, em relação às demais categorias, uma dependência intermediária da luz, em processos tais como, germinação, crescimento, desenvolvimento e sobrevivência. Em função disso, podem se desenvolver nas bordas ou no interior das clareiras, nas bordas de floresta e também no subosque. No subosque, tendem a ocorrer em áreas menos sombreadas, estando, em geral, ausentes nas áreas de sombra muito densa.

Segundo Souza et al. (2017b), não há dicotomia entre espécies tolerantes e intolerantes à sombra, e, sim, um contínuo de respostas ecofisiológicas; os agrupamentos de espécies ocultam, inevitavelmente, diferenças inter e intra-específicas. As respostas das espécies em relação à luz tendem a ser contínuas com diferenças sutis, ao invés de discretas, determinando que as subdivisões dos grupos ecológicos, embora de grande importância e utilidade, são arbitrárias dentro de um contínuo de caracteres, formando grupos sem limites bem definidos (Swaine e Whitmore, 1988).

Os resultados obtidos para *Bathysa australis* evidenciam a ocorrência predominante em áreas com maior incidência luminosa: bordas de floresta, interior de clareiras grandes e intermediárias e áreas em regeneração. Resta testar a germinação da espécie em situações de subosque e pequenas clareiras a partir de ensaios que verifiquem a influência do vermelho-extremo na capacidade germinativa da referida espécie.

5 CONCLUSÕES

As sementes da espécie *Bathysa australis* apresentaram fotoblastismo positivo absoluto. A taxa de germinação não foi afetada pela alternância de temperatura, no entanto, o tempo médio e velocidade de germinação foram menores quando submetidos à alternância de temperatura (10/20 °C) em relação aos tratamentos de temperatura constante de 25 °C.

Os resultados obtidos neste estudo legitimam a classificação de *Bathysa australis* como secundária inicial.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa – FAEP-UNICAMP (processo 70/04) pelo auxílio à pesquisa. Aos revisores anônimos que colaboraram para o aprimoramento do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE M.C.F.; COELHO, M.F.B.; ALBRECHT, J.M.F. Germinação de sementes de espécies medicinais do cerrado, In: COELHO, M.F.B.; COSTA JR., P.; DOMBROSKI, J.L.D. (Org). **Diversos olhares em etnobiologia, etnoecologia e plantas medicinais**. Cuiabá: Unicen, 2003. p. 157-82.
- ARAÚJO-NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2003.
- BARROS, S.S.U. et al. Germinação de sementes de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (pau-d'alho) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 4, p. 727-733, 2005.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

- BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p. 137-74.
- BRANCALION, P.H.S. et al. Efeito da luz e de diferentes temperaturas na germinação de sementes de *Heliocarpus popayanensis*. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, p. 225-232, 2008.
- BRANCALION, P.H.S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432 p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- DALGAARD, P. **Introductory statistics with R**. New York: Springer-Verlag, 2002. 267 p.
- DESTEFANI, A.C.C. Fatores abióticos. In: RODRIGUES, R.R. (Coord.). **Parcelas Permanentes em 40 ha de florestas do Estado de São Paulo: uma experiência interdisciplinar**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2006. Disponível em: <http://www.lerf.eco.br/downloads/parcelas_permanentes_-_4o_relatorio_tematico_do_projeto_parcelas_permanentes.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.
- DUZ, S.R. et al. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 587-596, 2004.
- FERREIRA, A.G. et al. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 231-42, 2001.
- FIGLIOLIA, M.B., OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p. 137-174.
- GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- GARWOOD, N.C. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecological Monographs**, v. 53, p. 159-181, 1983.
- GERMANO-FILHO, P. Estudos taxonômicos do gênero *Bathysa* C. Presl (Rubiaceae, Rondeletieae), no Brasil. **Rodriguésia**, v. 50, n. 76/77, p. 49-75, 1999.
- HARTSHORN, G.S. Neotropical forest dynamics. **Biotropica**, v. 12, p. 23-30, 1980. Suplemento.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 271 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- KENDRICK, R.E.; KRONENBERG, G.H.M. Photocontrol of seeds. In: _____. (Ed.). **Photomorphogenesis in plants**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1994. p. 443-465.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948, 478 p.
- LABORIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Secretaria Geral das Organizações dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983. 174 p.
- LEITE, E.C.; RODRIGUES, R.R. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de floresta estacional no Sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 583-595, 2008.

LIMA, R.A.F. Estrutura e regeneração de clareiras em florestas pluviais tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 4, p. 651-670, 2005.

LOPES, J.C.; SOARES, A.S. Germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud. **Brasil Florestal**, v. 75, p. 31-38, 2003.

MAEKAWA, L.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; COELHO, M.F.B. Germinação de sementes de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze em diferentes temperaturas e condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 1, p. 23-30, 2010.

OSUNKOYA, O.O. et al. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance in northern Queensland. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 149-163, 1994.

PEARSON, T.R.H. et al. Interactions of gap size and herbivory on establishment, growth and survival of three species of neotropical pioneer trees. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 785-796, 2003.

PIJL, L. van der. **Principles of dispersal in higher plants**. 3. ed. Berlin: Springer Verlag, 1982. 214 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

RESSEL, K. et al. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p. 311-323, 2004.

SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2004. 248 p.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. Germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. (monjoleiro) e de *Aspidosperma ramiflorum* Müll. Arg. (guatambu). **Floresta**, v. 37, n. 3, 2007.

SILVA, M.A.B. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook). **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, 2005. Suplemento.

SILVA, M.C.C.; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M.B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi – Anacardiaceae (aroeira-vermelha). **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 2, p. 135-146, 2001.

SOUZA, S.C.P.M.; RODRIGUES, R.R.; JOLY, C.A. O banco de sementes e suas implicações na diversidade da Floresta Ombrófila Densa Submontana no Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 43, n. 3, p. 378-393, 2017a.

SOUZA, S.C.P.M. et al. Estrutura populacional de 12 espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 29, n. 1, p. 39-55, 2017b.

SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. **Vegetatio**, v. 75, p. 81-86, 1988.

TABARELLI, M.; VILANI, J.P.; MANTOVANI, W. Aspectos da sucessão secundária em trecho da Floresta Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 1, p. 99-112, 1993.

VALIO, I.F.M.; SCARPA, F.M. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 1, p. 79-84, 2001.

VÁZQUEZ-YANES, C.; SMITH, H. Phytochrome control of seed germination in the tropical rain forest pioneer trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. **New Phytologist**, v. 92, n. 4, p. 477-485, 1982.

SOUZA, S.C.P.M. de; JOLY, C.A. Luz e temperatura na germinação de sementes de *Bathysa australis* (A.St.-Hil.) K.Schum.

VÁZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical: un reflejo de su ambiente. **Ciencia**, v. 35, p. 191-201, 1984.

_____. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 69-87, 1993.

WHITMORE, T.C. **An introduction to tropical rain forest**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 226 p.

ZAIA, J.E.; TANAKA, M. Estudo da germinação de sementes de espécies arbóreas pioneiras: *Tibouchina pulchra* Cogn. e *Tibouchina granulosa* Gogn.(Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 221-229, 1998.

**PHYSICAL-MECHANICAL WOOD PROPERTIES OF
Myracrodruon urundeuva IN HOMOGENEOUS PLANTING¹**

**PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA MADEIRA DE
Myracrodruon urundeuva EM PLANTIO HOMOGÊNEO**

Andressa KELLER²; Adriano Wagner BALLARIN²;
Miguel Luiz Menezes FREITAS³; Antonio Carlos Scatena ZANATTO³;
Eduardo Luiz LONGUI^{3,4}

ABSTRACT – As a result of its high density and durability, wood of *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) is highly valued, and its exploitation in Brazilian primary forests has been prohibited by law since 1991. One way to maintain this status and, at the same time, supply the increased demand for this wood is through the establishment of plantations. Therefore, the knowledge of *M. urundeuva* wood properties in plantations with young trees is essential. Thus, we evaluated we evaluated some physical and mechanical properties of wood from 20-year-old *M. urundeuva* (aroeira) twelve trees in a homogenous plantation. Basic density was 770 kg m⁻³ and apparent density was 984 kg m⁻³. The anisotropy coefficient of 1.69 is considered regular, indicating that wood can be used in the manufacture of fine furniture, frames, boats, musical instruments, sports equipment or flooring. The wood presented good mechanical behavior, with an average strength for parallel compression of 53.84 MPa, MOE of 12632 MPa and MOR of 123.58 MPa. The wood was identified as class 40, thus showing potential for use in medium-sized structures and construction. Basic density and apparent density correlated positively with compression parallel to the grain and MOR. Wood quality, a positive characteristic, added to good technology, even in young trees, shows that values of physical and mechanical properties are suitable for various uses when compared to the same values of older trees based on specialized literature. Our results confirmed that this homogeneous planting was adequate to obtain *M. urundeuva* wood with such quality.

Keywords: aroeira; physical and mechanical properties of wood; wood technological potential.

¹Recebido para análise em 01.06.17. Aceito para publicação em 14.12.17.

²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Faculdade de Ciências Agrômicas, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brazil.

³Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000, São Paulo, SP, Brazil.

⁴Corresponding author: Eduardo Luiz Longui – edulongui@gmail.com

RESUMO – Devido à alta densidade e durabilidade, a madeira de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) é muito valorizada, e sua exploração em florestas nativas brasileiras é proibida desde 1991. O estabelecimento de plantações é uma maneira de manter essa situação e, ao mesmo tempo, fornecer o aumento da demanda por essa madeira. Assim, o conhecimento das propriedades da madeira de *M. urundeuva* em plantações com árvores jovens é essencial. Portanto, avaliamos algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira em árvores de *M. urundeuva* com 20 anos em uma plantação homogênea. A densidade básica foi 770 kg m⁻³ e a densidade aparente foi 984 kg m⁻³. O coeficiente de anisotropia de 1,69 é considerado normal, indicando que a madeira pode ser utilizada na fabricação de móveis finos, quadros, barcos, instrumentos musicais, equipamentos esportivos, pisos etc. A madeira apresentou bom comportamento mecânico, com uma resistência média à compressão paralela de 53,84 MPa, MOE de 12632 MPa e MOR de 123,58 MPa. A madeira foi classificada na classe C40, apresentando potencial para uso em estruturas e na construção civil. A densidade básica e densidade aparente se relacionaram positivamente com a compressão paralela às fibras e com o MOR. Um aspecto positivo é a qualificação de madeira, com bom potencial tecnológico, mesmo em árvores jovens, mostrando que os valores das propriedades físicas e mecânicas foram adequados para vários usos, quando comparados com os valores de árvores mais velhas com base na literatura. O plantio homogêneo foi adequado para obter madeira *M. urundeuva* com qualidade.

Palavras-chave: aroeira; propriedades físicas e mecânicas da madeira; potencial tecnológico da madeira.

1 INTRODUCTION

In recent years, the forest sector has gained increasing recognition owing to the importance and contribution of planted forests to the country's sustainable development. Indeed, forest plantations have promoted changes in regional and local economies, particularly those that were previously based on extractivism, an activity that has degraded vast regions of native forest and subsistence agriculture. Thus, planted forests play important roles, such as reduction of pressure on native forests, reuse of land degraded by agriculture, carbon sequestration, soil and water protection, greater homogeneity of forest products and development of forestry machinery optimizing aspects of wood production (Nahuz, 2013).

Plantations should be designed to meet these market requirements and needs, and the wood of plantation species must have characteristics that are equivalent or higher to those previously used and derived from the exploitation of native forests. Properties vary among species; therefore,

when selecting wood for a particular use, physical and mechanical requirements must be considered to guarantee that the wood will perform adequately. This analysis is very important, especially in tropical countries, with great biodiversity, considering the variety and the number of forest timber species (Nahuz, 2013).

In the present study, we investigated the wood of *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). According to Silva-Luz and Pirani (2017), a native, but not endemic, Brazilian species, which presents geographic distribution in all regions of Brazil in the biomes of Caatinga, Cerrado and Atlantic Forest. As a result of its high density and durability, wood of *M. urundeuva* is highly valued and can be used as lumber in civil construction, flooring, furniture and turned parts, as well as external construction, such as small bridges, posts, stands, corrals and railway sleepers (Lorenzi, 2002). It was the favorite wood for making fences in the interior of Brazil (Heringer and Ferreira, 1973), and it is still being used in rural areas. According to Nogueira (2010), this wood of São Paulo state presents the greatest durability.

Exploitation of *M. urundeuva* in Brazilian primary forests has been prohibited by law since 1991. The use of its wood can only be exploited by means of a Sustainable Forest Management Plan and by a project previously approved by Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (IBAMA, 2017). In this context, the study of practices that make it feasible to plant exotic and native species, such as *M. urundeuva*, should be encouraged. Such practices will contribute to the preservation of natural ecosystems, reinforce the laws that prevent predatory exploitation, and generate social and economic benefits, thus allowing the fulfillment of market requirements regarding potential species, taking into account the sustainability.

M. urundeuva presents slow to moderate growth, reaching annual increment of 5.50 m³. ha⁻¹. year⁻¹, and for best results in trunk form, planting in full sunlight is not recommended, while mixed planting with a fast-growth pioneer species has been proposed (Carvalho, 2003).

Apart from these proposals, the knowledge of *M. urundeuva* wood properties in plantations with young trees is scarce. Therefore, we aimed to determine some physical and mechanical properties of this species in a homogeneous planting in the belief that the outcome would provide knowledge for the potential use of young

wood and preserve remnants of native forest without impeding exploitation in commercial plantations, thus meeting market demands. To accomplish this, we adopted a simplified characterization, determining retractibility, compression parallel to grain, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR), as recommended by standard of the American Society for Testing and Materials - ASTM D143-94 (ASTM, 2007).

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Planting Area and Sampling

The planting was established at a spacing of 3 x 2 m at the Luiz Antônio Experimental Station, Luiz Antônio City, São Paulo (21°40'S, 47°49'W, elevation 550 m). The average annual rainfall is 1,365 mm over oxisols or sandy textured soils. Climate is Aw in the Köppen-Geiger classification (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI, 2017). In February 2011, we collected 12 trees (Table 1), about 20 years old, and from each tree, a log (1 meter in length) was cut at the region immediately below the breast height. From logs, central blocks were cut, and from these blocks, we cut four specimens with cross section of 50 x 50 mm² (Figure 1).

Table 1. Dendrometric data of *Myracrodruon urundeuva* trees. DBH = diameter at breast height (1.3 m from the ground).

Tabela 1. Dados dendrométricos das árvores de *Myracrodruon urundeuva*. DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m do solo).

Tree	Height (m)	DBH (cm)
1	18.6	28
2	18.1	23
3	19.0	26
4	20.1	28
5	19.0	25
6	19.5	20
7	17.8	22
8	18.0	19
9	19.9	27
10	18.6	21
11	16.2	20
12	19.1	20
Mean	18.6	23.2

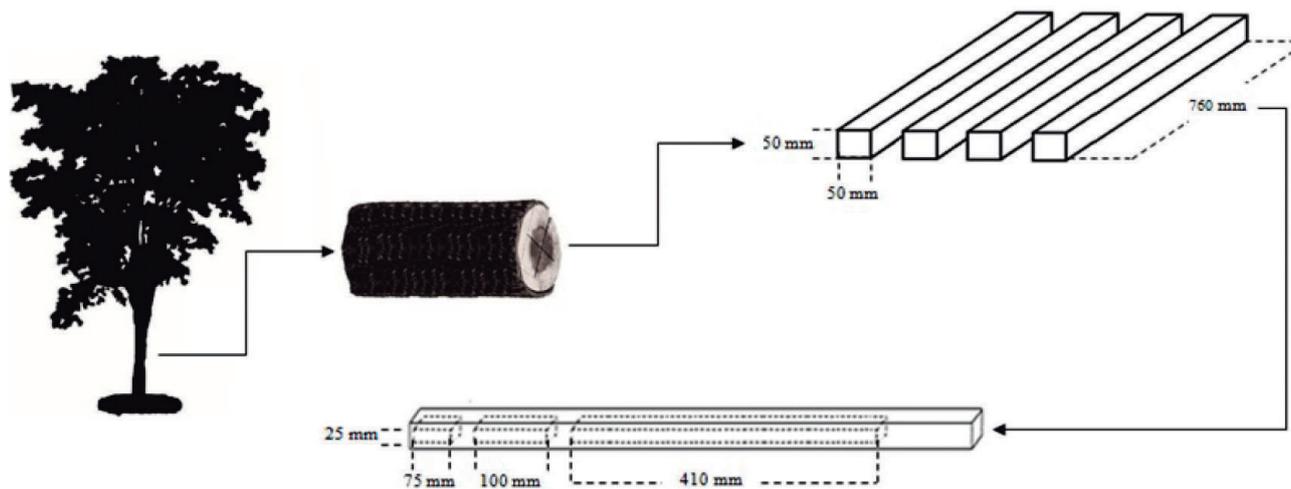


Figure 1. Schematic representation of a sample cutting for physical and mechanical tests of *Myracrodruon urundeuva* wood.

Figura 1. Representação esquemática do corte de uma amostra para os ensaios físicos e mecânicos.

Specimens were conditioned to equilibrium in a climate-controlled room under 65% of relative humidity and 21 °C (approximately 12% to 14% EMC). After acclimatization, specimens in nominal dimension were prepared according to the ASTM D 143 secondary method (ASTM, 2007), owing to the impossibility of obtaining clear specimens 50 by 50 mm.

The physical and mechanical properties evaluated were as follows: basic density; apparent density at EMC; longitudinal, radial, tangential and volumetric shrinkage; strength in compression parallel to the grain; modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR). Mechanical tests were performed in a computer-controlled 300 kN electromechanical testing machine. All the variables of mechanical tests were adopted according to ASTM D 143 (ASTM, 2007). Initial results of strength and elastic properties (modulus of elasticity) were corrected to the EMC (12%) using a conversion coefficient of 3% (of variation per 1% of MC variation) for strength properties and 2% for elastic properties.

The characteristic 5-percentile value of each strength property was estimated according to the simplified expression (Eq. 1), as defined by the Brazilian standard NBR 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1997; Eufrade Júnior et al., 2015), in order to determine structural classification of wood in strength classes, those being hardwoods from C20 to C60 (Table 2), according to NBR 7190 (ABNT, 1997).

$$\sigma_k = \left(2 \times \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_{n-1}}{\frac{n}{2} - 1} - \sigma_{\frac{n}{2}} \right) \times 1,1$$

Eq. 1

where σ_k is the characteristic value of strength of the wood to the test considered, and n is the number of specimens.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The values of apparent density and mechanical properties were corrected for the reference humidity of 12% (Table 3).

Table 2. Strength classes and characteristic values for hardwoods at 12 % m.c., according to NBR 7190.

Tabela 2. Classes de resistência e valores característicos para as madeiras de eudicotiledôneas a 12% de teor de umidade, de acordo com a NBR 7190.

Hardwoods					
Classes	$f_{c0,k}$ (MPa)	$f_{v0,k}$ (MPa)	$E_{c0,m}$ (MPa)	ρ_{bas} (g.cm ⁻³)	ρ_{12} (g.cm ⁻³)
C20	20	4	9500	0.500	0.650
C30	30	5	14,500	0.650	0.800
C40	40	6	19,500	0.750	0.950
C60	60	8	24,500	0.800	1.000

$f_{c0,k}$ = compression parallel to the grain; $f_{v0,k}$ = shear parallel to the grain; $E_{c0,m}$ = modulus of elasticity (in compression parallel to grain; mean value); ρ_{bas} = basic density; ρ_{12} = apparent density at 12% moisture content (mass and volume at 12% MC).

$f_{c0,k}$ = compressão paralela às fibras; $f_{v0,k}$ = cisalhamento paralelo às fibras; $E_{c0,m}$ = módulo de elasticidade (na compressão paralela às fibras; valor médio); ρ_{bas} = densidade básica; ρ_{12} = densidade aparente a 12% de teor de umidade (massa e volume a 12% de teor de umidade).

Table 3. Physical and mechanical properties and failure types of 20-year-old *Myracrodruon urundeuva* wood.Tabela 3. Propriedades físicas e mecânicas e os tipos de ruptura da madeira de *Myracrodruon urundeuva* aos 20 anos de idade.

Sample	$\rho_{12}^{(1)}$	$\rho_{bas}^{(2)}$	$f_{c0}^{(3)}$	Ftc ⁽⁴⁾	MOE ⁽⁵⁾	MOR ⁽⁶⁾	Ftr ⁽⁷⁾
1	968	759	51.77	ws	13280	131.96	cgt
2	899	711	39.01	ws	11947	118.07	cgt
3	830	662	34.64	ws	11376	87.69	cgt
4	1162	891	75.30	ws	13028	145.33	cgt
5	924	729	56.85	ws	11259	109.28	cgt
6	895	708	45.64	ws	10843	92.16	cgt
7	1104	852	66.91	c	11234	125.79	cgt
8	933	735	54.71	ws	11285	120.16	cgt
9	1143	879	65.40	ws	9564	118.37	cgt
10	1044	811	46.93	ws	11884	135.20	cgt
11	920	726	54.21	ws	16461	118.49	cgt
12	942	741	47.65	ws	11468	113.20	cgt
13	966	758	49.57	ws	13112	150.16	cgt
14	889	704	42.60	ws	13597	116.41	cgt
15	1020	795	45.52	ws	8350	78.28	st
16	987	772	57.55	ws	16608	146.78	cgt
17	1034	805	58.57	ws	12619	150.77	cgt
18	899	711	50.71	ws	16965	149.08	cgt
19	933	734	51.57	ws	15444	134.99	cgt
20	1015	792	61.64	ws	13101	154.82	cgt
21	925	729	54.53	ws	17059	138.16	cgt
22	888	703	51.29	ws	7929	68.12	st
23	976	765	49.75	ws	15160	139.96	cgt

to be continued
continua

continuation – Table 3
 continuação – Tabela 3

Sample	$\rho_{12}^{(1)}$	$\rho_{bas}^{(2)}$	$f_{c0}^{(3)}$	Ftc ⁽⁴⁾	MOE ⁽⁵⁾	MOR ⁽⁶⁾	Ftr ⁽⁷⁾
24	911	719	49.54	ws	11168	103.50	cgt
25	919	725	45.71	ws	13490	105.86	cgt
26	991	775	53.36	ws	14257	129.51	cgt
27	934	735	50.80	ws	15765	135.88	cgt
28	1026	799	58.06	ws	12735	108.77	cgt
29	1060	823	62.02	ws	10771	110.94	cgt
30	1054	818	68.88	ws	12030	154.17	cgt
31	954	750	45.87	s	8967	103.46	st
32	893	706	40.75	ws	10914	102.98	cgt
33	1004	784	56.99	ws	12456	130.99	cgt
34	1045	812	52.44	ws	11784	133.17	cgt
35	1155	887	68.38	ws	12958	130.52	cgt
36	1171	897	73.17	ws	13878	155.79	cgt
Mean	984	770	53.84		12632	123.58	

(1) ρ_{12} = apparent density at 12% moisture content; (2) ρ_{bas} = basic density; (3) f_{c0} = compression parallel to the grain; (4) Ftc = failure types in compression; (5) MOE = modulus of elasticity (bending); (6) MOR = modulus of rupture; (7) Ftr = failure types static in bending. Ft = failure types; ws = wedge split; c = crushing; s = shearing; cgt = cross-grain tension; st = splintering tension;

(1) ρ_{12} = densidade aparente a 12% de teor de umidade; (2) ρ_{bas} = densidade básica; (3) f_{c0} = compressão paralela às fibras; (4) Ftc = tipos de ruptura na compressão; (5) MOE = módulo de elasticidade (flexão); (6) MOR = módulo de ruptura; (7) Ftr = tipos de ruptura estáticos na flexão. Ft = tipos de ruptura; ws = fenda em cunha; c = esmagamento; s = compressão com cisalhamento; cgt = tração desviada – grã cruzada; st = tração com desfibramento.

The mean basic density was 770 kg.m⁻³, while the density at 12% moisture (ρ_{12}) was 984 kg.m⁻³. Density is influenced by anatomical variations, and these, in turn, vary according to age, axial and radial positions, spacing between trees, climatic and soil conditions. Thus, comparing density values with other studies, we noticed some variations. For example, Tung et al. (2011), studying *M. urundeuva* at the age of 20 years, also cultivated in a homogeneous plantation (spacing 3 m x 3 m), in Selvíria, Mato Grosso do Sul, reported a basic density of 750 kg.m⁻³, lower than the present value. However, climatic and spacing differences (3 m x 2 m in our study) between plantations could account for this. Lisboa et al. (2016) studied *M. urundeuva* wood for plywood production, and trees were collected in a natural cerrado area in the southwest of Goiás state. Although no information is provided about age, these trees had, on average, 11.6 cm in DBH, height 28 m and basic density of 820 kg.m⁻³. Thus, these trees had greater height and smaller diameter than those of the present study (Table 1). Palharini et al. (2014) reported basic

density of 863 kg.m⁻³ in *M. urundeuva* samples collected in the City of Santa Luz, Piauí state, but, again, the age of trees was not mentioned. In these last two studies, the density was higher than our mean value (770 kg.m⁻³)

Mainieri and Chimelo (1989) and Lorenzi (1992) reported a mean density at 15% MC of 1,190 kg.m⁻³ (905 kg.m⁻³ when the value is converted to the base of basic density), but without age, spacing or sampling area data. The much higher values suggest that the trees were older than those of the present study.

According to Finger and Logsdon (2004), the values of apparent density and basic density allow the identification, in a simplified way, of species into one of the resistance classes, as defined by NBR 7190/97 (ABNT, 1997), and allow estimation of wood quality for structural use. Accordingly, this basic density value allowed us to categorize *M. urundeuva* wood into resistance class C40 (basic density higher than 750 kg.m⁻³), i.e., medium to high mechanical resistance, which is indicated for use in medium-sized structures.

Characterization of rupture type, performed according to ASTM D143/94 (ASTM, 2007), indicated that “wedge split” type represented more than 94% of the samples, without rejecting any results obtained and indicating the homogeneity and regular pattern of sample rupture. The wedge split rupture is considered regular and quite common in compression tests.

The average value of compression parallel to the grain was 53.84 MPa. This value is lower than that presented by Mainieri and Chimelo (1989) of 90.0 MPa; however, the age and planting conditions were not mentioned. Then, based on our results, the wood of *M. urundeuva* could be classified into structural class C40 - hardwood ($f_{c0,k} \geq 40$ MPa), evidencing the good mechanical performance of the species at 20 years old. The results indicate that *M. urundeuva* wood can be used in wood structures, since this result puts it in the higher strength classes, as defined by NBR 7190 (ABNT, 1997) for hardwoods (Table 2).

The mean value of MOE, 12632 MPa, is lower than that available in the NBR 7190 table (ABNT, 1997), which presents 23393 MPa. However, like compressive strength, age and tree occurrence are different in the two studies. The mean value of MOR was 123.58 MPa. Longui et al. (unpublished data) determined some properties of 20-year-old *M. urundeuva* grown in two types of agrosilvopastoral system which reported MOE between 9722 - 9900 MPa and MOR between 105.5 and 110.9 MPa, lower values than those in the present study. In this case, other factors, such as seed origin and climatic and soil conditions, could have influenced the results. Therefore, both MOE and MOR values allow us to again classify 20-year-old *M. urundeuva* wood into the C40 strength class, among the resistance classes defined by NBR 7190 (ABNT, 1997) for hardwoods.

The types of rupture found did not lead to rejection of any results. The cross-grain tension type represented more than 91% of the samples, indicating homogeneity and the normal pattern of rupture. Cross-grain tension rupture is characteristic of trees that present growth stresses or samples of juvenile wood near the pith. Our samples come from relatively young *M. urundeuva* trees with smaller diameter compared to older trees.

We highlight that these results come from 20-year-old trees, which are relatively young for the species and can grow for many decades. According to Nogueira (2010), older trees reach up to 30 m in high and 1 m in diameter. Therefore, the species cultivated in homogeneous plantations can provide quality wood in a relatively short time. However, tree spacing and edaphoclimatic conditions will influence heartwood and sapwood percentage and wood density. In addition, after cutting, some trees presented regrowth, which provides continuity in wood exploitation, potentially with different uses than originally planned. Thus, thinning could be partial, obtaining materials with different ages.

Our average values of shrinkage (Table 4) in trees with mean DBH of 23.2 cm were 0.62% for longitudinal shrinkage, 7.32% tangential, 4.51% radial, 13.64% volumetric shrinkage and 1.69 anisotropy coefficient. Guimarães Júnior et al. (2016), in a study with different diameter classes (5-12; 12-18.9 and 25.9-32.9 cm) in *M. urundeuva* collected in a Deciduous Seasonal Forest, in the municipality of Jataí, Goiás state, found values of 10.34, 11.16 and 5.82% for tangential shrinkage; 6.45, 7.41 and 3.99% for radial shrinkage; 16.30, 14.78 and 9.46% for volumetric shrinkage and 1.65, 1.50 and 1.49 for anisotropy coefficient. Palharini et al. (2014), in samples of *M. urundeuva* at different commercial heights, collected in the municipality of Santa Luz, Piauí state, reported a mean tangential shrinkage of 8.67%, mean radial shrinkage of 5.36% and anisotropy coefficient of 1.62. The age of the trees was not mentioned in either of these two studies, and the results were established by Brazilian standard NBR 7190 (ABNT, 1997). Our values were higher compared to the largest diameter class of Guimarães Júnior et al. (2016), the class closest to our diameter classes, except for the value of anisotropy coefficient, which was lower in our study. Our values of tangential and radial shrinkage were lower, while our anisotropy coefficient values were higher compared to Palharini et al. (2014).

Table 4. Shrinkage values (%) and anisotropy coefficient from green to oven-dry moisture content of 20-year-old *Myracrodruon urundeuva* wood.Tabela 4. Valores de retração (%) e coeficiente de anisotropia do teor de umidade verde ao seco em estufa da madeira de *Myracrodruon urundeuva* aos 20 anos de idade.

Sample	Longitudinal	Tangential	Radial	Volumetric	Anisotropy coefficient
1	0.71	5.47	2.80	9.61	1.95
2	0.77	6.38	5.15	13.49	1.24
3	0.36	9.45	5.85	17.71	1.62
4	-0.02	9.74	4.20	15.62	2.32
5	0.95	6.28	3.59	11.74	1.75
6	0.83	7.25	5.29	14.78	1.37
7	0.33	5.57	3.17	9.73	1.76
8	0.10	8.49	5.13	15.30	1.65
9	0.53	7.42	5.01	14.32	1.48
10	1.06	9.11	4.73	16.71	1.93
11	0.41	8.60	5.17	15.84	1.66
12	0.48	7.68	4.69	14.20	1.64
13	0.70	6.24	2.65	10.32	2.35
14	0.91	6.05	3.95	11.83	1.53
15	0.93	8.97	9.42	22.42	0.95
16	---	9.81	5.94		1.65
17	0.82	6.41	3.07	11.14	2.09
18	0.62	7.69	4.15	13.72	1.85
19	0.51	8.30	5.40	15.87	1.54
20	0.45	8.04	4.26	14.10	1.89
21	0.20	9.03	5.94	17.10	1.52
22	0.30	6.06	3,27	10.38	1.85
23	0.37	9.54	5.64	17.59	1.69
24	0.66	5.56	3.38	10.32	1.64
25	1.22	7.50	3.75	13.71	2.00
26	0.53	8.76	4.26	15.09	2.06
27	0.38	9.55	5.20	17.07	1.84

to be continued
continua

continuation – Table 4
 continuação – Tabela 4

Sample	Longitudinal	Tangential	Radial	Volumetric	Anisotropy coefficient
28	1.36	4.96	3.74	10.81	1.33
29	0.57	7.24	3.71	12.60	1.95
30	0.49	4.57	3.20	8.78	1.43
31	0.76	4.82	7.25	14.14	0.66
32	1.01	5.86	3.71	11.45	1.58
33	0.91	7.25	3.48	12.72	2.08
34	0.60	8.95	4.89	16.18	1.83
35	0.56	6.61	3.31	11.36	2.00
36	0.48	4.44	4.06	9.60	1.09
Mean	0.62	7.32	4.51	13.64	1.69

The study of wood shrinkage is essential to determine use since pieces that must be embedded or need precision should not present great variation in their dimensions. According to Silva (2002), values between 1.2 - 1.5 are considered excellent, between 1.5 - 2.0 are regular, and above 2.0 are bad. However, the anisotropic factor, taken alone, does not characterize a wood as being stable, causing, instead, a false impression of stability (Potulski, 2010). Ideally, wood should present anisotropy coefficient as close to the unit as possible and low volumetric shrinkage.

The anisotropy coefficient, as defined by the relationship between tangential and radial shrinkage (T/R) of *M. urundeuva* in the present study, was 1.69 (mean of the 36 test specimens). The strength values obtained allow us to state that *M. urundeuva* wood is indicated for structures, in general, and building fine furniture, boats, musical instruments, and sports equipment, among others. Lucena et al. (2011) emphasize the use of wood for building fences and as fuel in northeastern Brazil.

The basic density and the apparent density were positively related to the compression parallel to the grain and MOR (Figure 2). Usually, mechanical properties tend to be related to wood density (Zhang, 1994). For this reason, wood density is often used to predict mechanical properties (Hoadley, 2000). Based on the studies of other groups, we emphasize the trend whereby density (physical property) increases with age in Brazilian native woods (Longui et al., 2010; Lima et al., 2011; Longui et al., 2014), which, consequently, will influence the mechanical properties, especially when we compare the regions near the pith with those close to the bark. On the other hand, Zhang (1995) compared hard- and softwoods and reported that the physico-mechanical properties in the hardwoods studied were remarkably less influenced by growth rate. The author further reported that growth rate has a significant effect on mechanical properties which can be attributed to wood density. Thus, the values of mechanical properties tend to increase as *M. urundeuva* trees grow.

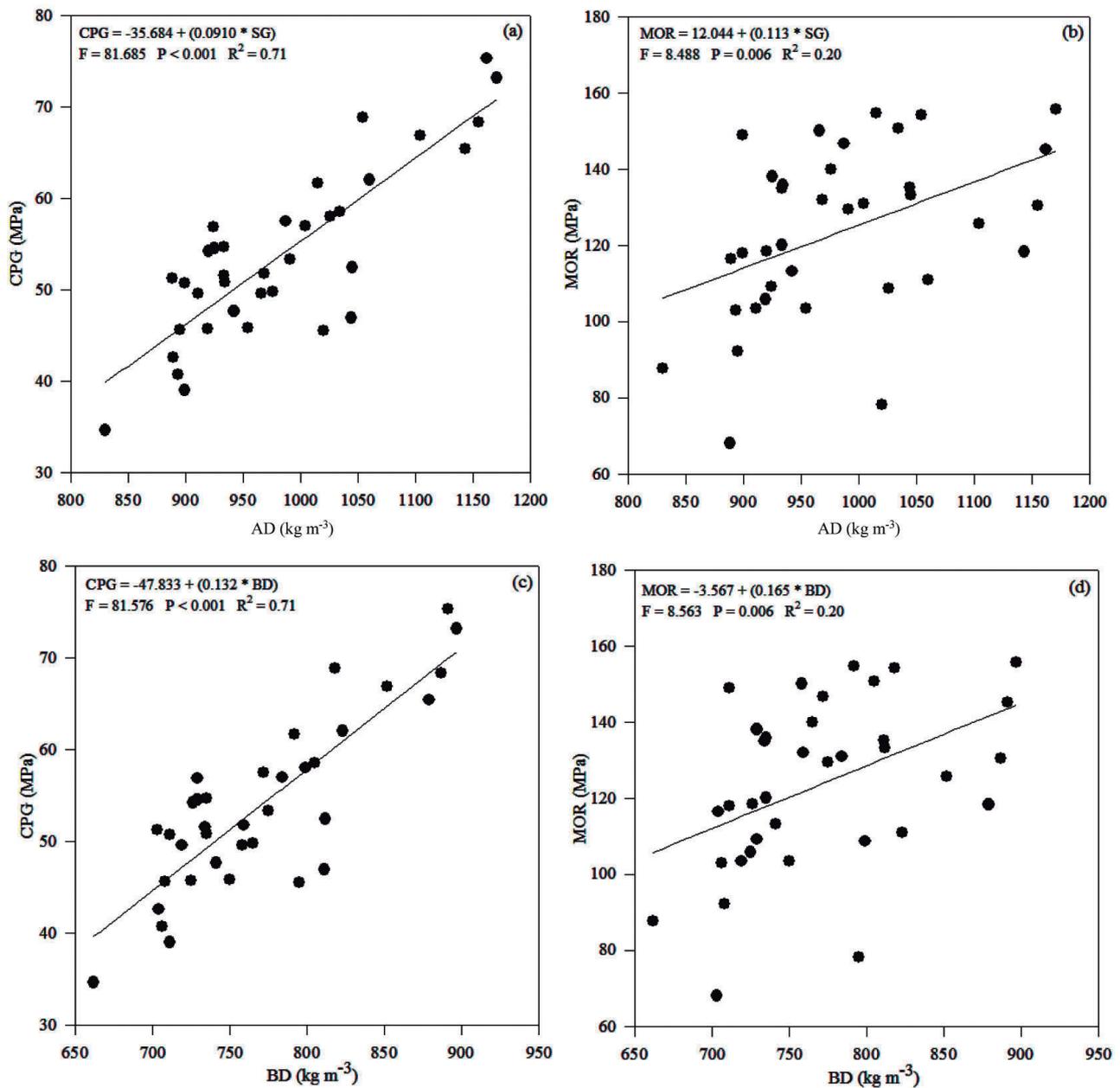


Figure 2. Relationships among properties of *Myracrodruon urundeuva* wood. a) Compression parallel to grain (CPG) as a function of apparent density (AD). b) Modulus of rupture (MOR) as a function of apparent density (AD). c) Compression parallel to grain (CPG) as a function of basic density (BD). d) Modulus of rupture (MOR) as a function of basic density (BD).

Figura 2. Relações entre propriedades da madeira de *Myracrodruon urundeuva*. a) Compressão paralela à grã (CPG) em função da densidade aparente (AD). b) Módulo de ruptura (MOR) em função da densidade aparente (AD). c) Compressão paralela à grã (CPG) em função da densidade básica (BD). d) Módulo de ruptura (MOR) em função da densidade básica (BD).

4 CONCLUSIONS

Basic density was 770 kg m⁻³, and apparent density at EMC was 984 kg m⁻³. The anisotropy coefficient of 1.69 is considered “regular”, indicating that wood can be used in the manufacture of fine furniture, frames, boats, musical instruments, or sports equipment. The wood presented good mechanical behavior, with an average strength for parallel compression of 53.84 MPa, MOE of 12632 MPa and MOR of 123.58 MPa. Mechanical properties were identified as class 40, which shows the potential for use in medium-sized structures and construction. Basic density and specific gravity correlate positively with compression parallel to the grain and MOR. Wood quality, a positive characteristic, added to good technology, even in young trees, shows that values of physical and mechanical properties are suitable for various uses when compared to the values of older trees. Overall, our results confirmed that this homogeneous planting was adequate to obtain *M. urundeuva* wood with such quality, thus maintaining the sustainability of native stands.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Israel Luiz de Lima for fieldwork (Forestry Institute – IF), as well as Ailton de Lima Lucas (UNESP - Botucatu) for laboratory assistance.

REFERENCES

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. **D143-94**: standard test methods for small clear specimens of timber. West Conshohocken, 2007. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa, 2003. 1040 p.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Available at: <<http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Access on: 15 July 2017.

EUFRADE JUNIOR, H.J. et al. Potential of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. **Journal of Wood Science**, v. 61, n. 4, p. 384-390, 2015.

FINGER, Z.; LOGSDON, N. B. Caracterização preliminar da madeira de pau-de-bálsamo, *Myroxylon peruiferum* L. f. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Ibramem, 2004. 11 p.

GUIMARÃES JUNIOR, J.B. et al. Caracterização tecnológica da madeira de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes classes diamétricas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 13, n. 24, 250-261, 2016.

HERINGER, E.P.; FERREIRA, M.B. Árvores úteis da região geoeconômica do D.F.: aroeira, gonçalo e gibatão: o gênero *Astronium* e sua importância florestal. **Cerrado**, v.s. n. 2, p. 24-33, 1973.

HOADLEY, B. **Understanding wood: a craftsman’s guide to wood technology**. Newtown: Taunton Press, 2000. 280 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Portaria normativa n.º 83, de 26/09/1991**. Available at: <<http://www.ibama.gov.br/documentos/portaria-83n>>. Access on: 5 March 2017.

LIMA, I.L. et al. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e posição radial. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 2, p. 217-230, 2011.

LISBOA, F.J.N. et al. Potencial de utilização da madeira de *Sclerolobium paniculatum*, *Myracrodruon urundeuva* e *Amburana cearensis* para produção de compensados. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 129-139, 2016.

LONGUI, E.L. et al. Correlações entre algumas propriedades físicas, características químicas e anatômicas da madeira de *Luehea divaricata* Mart. Malvaceae (Tiliaceae). **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 177-187, 2010.

_____. et al. Radial variation of wood anatomy and basic density of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. **Revista do Instituto Florestal**, v. 26, n. 2, p. 193-201, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1, 352 p.

_____. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368 p.

LUCENA et al. Uso e conhecimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) por comunidades tradicionais no Semiárido brasileiro. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 11, n. 2, p. 255-264, 2011.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 1989. 418 p. (IPT Publicação, 1791).

NAHUZ, M.A.R. et al. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2013. 103 p. (Publicação IPT, 4371).

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento misto com essências nativas: a mata ciliar**. São Paulo: Instituto Florestal, 2010. 147 p.

PALHARINI, K.M.Z. et al. Avaliação das propriedades físicas em madeiras de *Croton celtidifolius* e *Myracrodruon urundeuva*. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 10, n. 19, p. 2982-2989, 2014.

POTULSKI, D.C. **Densidade e retratibilidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. e. Moore e *Pinus taeda* L.** 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira**. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA-LUZ, C.L.; PIRANI, J.R. Anacardiaceae. In: LISTA de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017. Available at: Access on: February 2017.

TUNG, E.S.C. et al. 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**, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

KELLER, A. et al. Wood properties of *Myracrodruon urundeuva*.

ZHANG, S.Y. Mechanical-properties in relation to specific-gravity in 342 Chinese woods. **Wood and Fiber Science**, v. 26, n. 4, p. 512-526, 1994.

_____. Effect of growth rate on wood specific gravity and selected mechanical properties in individual species from distinct wood categories. **Wood Science and Technology**, v. 29, n. 6, p. 451-465, 1995.

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM CLONES DE *Eucalyptus* spp.
PARA GRAJAÚ, ESTADO DO MARANHÃO¹**

**GENETIC VARIABILITY IN CLONES OF *Eucalyptus* spp.
FOR GRAJAÚ, STATE OF MARANHÃO**

Evandro Vagner TAMBARUSSI^{2,3,4}; Fernanda Bortolanza PEREIRA³;
Vinícius André AZEVEDO²; Fabiana Schmidt Bandeira PERES²;
Andrea Nogueira DIAS²; Rodrigo de Andrade FURLAN³

RESUMO – Esta pesquisa teve por objetivo a seleção de clones de eucaliptos em teste em Grajaú-MA, Brasil, visando ao aumento na produtividade. Os caracteres avaliados foram diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m). Para isto, um total de 130 clones, distribuídos em 20 blocos, com uma planta/parcela, foram mensurados aos quatro e cinco anos. Os procedimentos estatísticos foram o método do modelo misto para obter o melhor preditor linear não viesado (BLUP) e a máxima verossimilhança restrita (REML) para estimar os componentes de variância. Para clones e parcelas, os testes de razão de verossimilhança (LRT) foram significativos a 1% de probabilidade. A variabilidade genética foi alta e variou de 11,42% a 14,70% para DAP e 9,15% a 10,22% para ALT. Os coeficientes de variação relativa (CV_p) foram maiores que um para ambos os caracteres, mostrando que a seleção pode resultar em grandes e rápidos ganhos genéticos. No geral, os caracteres foram altamente acurados. As correlações genéticas (\hat{r}_g) foram positivas, indicando a possibilidade de seleção indireta. Os resultados indicaram que o DAP deve ser usado preferencialmente em relação à ALT, e permitem concluir que os ganhos genéticos após a seleção são muito promissores. Os clones selecionados podem ser indicados para testes clonais piloto e/ou fase II em locais com condições ambientais similares às do local de teste.

Palavras-chave: melhoramento florestal; parâmetros genéticos; herdabilidades; correlação.

ABSTRACT – This research aimed to select clones of eucalypts under testing in Grajaú, MA, Brazil, in order to increase the wood productivity. The traits considered were diameter at breast height – DAP (cm) and height – ALT (m). For this purpose, a total of 130 clones, distributed across 20 blocks with one plant/plot, were assessed at the ages four and five years. The statistical procedures were the mixed model method to obtain the best linear unbiased predictors (BLUP) and the restricted maximum likelihood (REML) to estimate the components of variance. For clones and plots, the likelihood ratio tests (LRT) were significant at 1% of probability. The genetic variability was high and ranged from 11.42% to 14.70% for DAP and 9.15% to 10.22% for ALT.

¹Recebido para análise em 13.07.17. Aceito para publicação em 20.12.17.

²Universidade Estadual do Centro-Oeste, BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000, Irati, PR, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal (FCA/UNESP) – Rua José Barbosa de Barros, 1780, Portaria II: Rodovia Alcides Soares, Km 3, 18610-307, Botucatu, SP, Brasil.

⁴Autor correspondente: Evandro Vagner Tambarussi – tambarussi@gmail.com

The coefficient of variation ratio (CV_p) was greater than one for both traits, showing that selection can result in large and rapid genetic gains. In general, the traits were highly accurate. The genetic correlations (\hat{r}_g) were positive, indicating the possibility for indirect selection. The results indicated that DAP must be used preferentially in relation to ALT, and allow us to conclude that the genetic gains after selection are very promising. The selected clones can be indicated to pilot clonal tests and/or phase II to places with environmental conditions similar to the field trial.

Keywords: forest breeding; genetic parameters; heritability; correlation.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os plantios florestais começaram há mais de um século quando o pioneiro Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade trouxe, em 1903, as primeiras mudas de eucalipto para os plantios que produziram madeira para os dormentes das estradas de ferro (Martini, 2008). Com uma área de 7,8 milhões de hectares com árvores plantadas, é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país (Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ, 2016). Nos últimos quatro anos, o crescimento da área com árvores plantadas foi de 6%, em comparação com os 7,39 milhões de hectares de 2012 (IBÁ, 2014). Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares da área total com florestas plantadas do País e estão localizados principalmente em Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2016).

Com o passar do tempo, o Brasil fomentou e desenvolveu tecnologias no setor florestal que o tornou mais competitivo em relação a outros países na produção de florestas de eucalipto, bem como o tornou um dos mais relevantes no cenário global (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF). O sucesso no cultivo de eucalipto deve-se também ao melhoramento florestal, associado a técnicas silviculturais apropriadas (Pinto Júnior et al., 2005; Xavier e Silva, 2010), bem como a ferramentas biotecnológicas (Andrade et al., 2018).

Para alcançar de forma homogênea maior produtividade das florestas plantadas de eucalipto, houve a necessidade da implantação de clones, satisfazendo, assim, a crescente demanda industrial para o setor (Berger et al., 2002).

Particularmente, o Brasil, a seleção de clones híbridos que correspondam às necessidades do ponto de vista silvicultural e tecnológico recebe grande ênfase nos programas de melhoramento genético (Nunes et al., 2002; Tambarussi et al., 2017). A produção de híbridos interespecíficos em *Eucalyptus* spp., com a utilização de espécies que se adaptam a regimes de baixa precipitação pluviométrica, é prática comum no melhoramento de espécies deste gênero (Verryyn, 2000).

A relativa carência de informações sobre o desenvolvimento de florestas plantadas nos estados do Nordeste brasileiro comparativamente a outras regiões mais tradicionais de cultivo de eucaliptos, requer estudos mais amplos com relação às espécies e procedências de rápido crescimento e possibilidade de adaptação, para que se torne viável a atividade comercial de reflorestamento (Miranda, 2012).

As empresas que estão plantando eucaliptos clonais no estado do Maranhão se valem basicamente de híbridos que incluem a espécie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, devido à sua rusticidade e resistência a doenças tropicais. Entre esses híbridos se destacam *E. urophylla* x *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *E. grandis*) x *E. urophylla* (Miranda, 2012).

Desse modo, este trabalho teve por objetivo selecionar clones com melhor taxa de crescimento em um teste clonal de *Eucalyptus* spp., aos quatro e cinco anos de idade, utilizando metodologia de modelos mistos para obtenção do melhor preditor linear não visado (BLUP) e o procedimento de máxima verossimilhança restrita (REML) para obtenção dos componentes de variância.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ensaio de Campo e Material Genético

Os dados utilizados na presente pesquisa são provenientes de um teste clonal de *Eucalyptus* spp. sob responsabilidade do Grupo Ferroeste. O experimento está instalado em Grajaú, estado do Maranhão (5°45'S, 45°34'O). O local está sob domínio de clima tropical, com estação seca, do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, apresentando verão chuvoso e inverno seco, com precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm e precipitação média anual em torno de 1.200 mm, concentrados principalmente no primeiro trimestre do ano (Lima et al., 1999). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C e a média anual está em torno de 26 °C. Os caracteres avaliados aos quatro e cinco anos de idade foram o diâmetro a altura do peito – DAP (em cm) e altura – ALT (em m) para 130 clones (tratamentos), distribuídos em 20 blocos com uma planta/parcela. Os materiais genéticos são clones selecionados oriundos do cruzamento de *E. grandis* x *E. urophylla*.

2.2 Estimativa dos Parâmetros Genéticos

Os valores genotípicos de cada caractere analisado foram estimados utilizando o software Selegen (Resende, 2007a), a partir do procedimento da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) empregando o modelo linear misto para avaliação de clones não aparentados:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Zg} + \mathbf{Wp} + \mathbf{e},$$

em que: \mathbf{Y} = vetor de observações fenotípicas para um caráter; \mathbf{X} = matriz de incidência para os efeitos fixos; \mathbf{b} = vetor dos efeitos fixos (média geral e efeitos de bloco); \mathbf{Z} = matriz de incidência para os efeitos genotípicos; \mathbf{g} = vetor dos efeitos genotípicos; \mathbf{W} = matriz de incidência dos efeitos da parcela; \mathbf{p} = vetor dos efeitos da parcela e \mathbf{e} = vetor dos erros ou resíduos (aleatórios).

As equações do modelo misto para estimar os efeitos fixos e prever os efeitos aleatórios são dadas por:

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{g} \\ \hat{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + G^{-1}\sigma_{ad}^2 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_s \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix},$$

e as predições dos valores genotípicos de cada clone são obtidas por:

$$\hat{g}_i = h_c^2 (\bar{Y}_{i...} - \bar{Y}_{...})$$

em que:

$$h_c^2 = (\sigma_a^2 + \sigma_d^2) / [(\sigma_a^2 + \sigma_d^2) + \sigma_e^2 / b_i + \sigma_{ad}^2 / \sum n_i];$$

σ_a^2 = variância genética aditiva; σ_d^2 = variância genética de dominância; σ_e^2 = variância genética entre parcelas; b_i = efeito do bloco; σ_{ad}^2 = variância ambiental dentro de parcela.

Para o caso balanceado,

$$h_c^2 = \frac{nb h_g^2}{1 + (n-1)(h_g^2 + c^2) + (b-1)nh_g^2}$$

em que n e b = número de plantas/parcela e de blocos associados à avaliação do material, respectivamente.

O método REML foi utilizado por meio de algoritmos EM (esperança e maximização), que realizam estimativas dos efeitos ajustados dos vetores calculados por meio de resoluções de matrizes. Assim, foram estimados os seguintes parâmetros:

a) Variância ambiental entre parcelas (\hat{V}_c):
 $\hat{V}_c = [\hat{c}'\hat{c} + \hat{V}_e \text{tr } C^{33}] / s_1;$

b) Variância residual (ambiental + não aditiva) (\hat{V}_e):
 $\hat{V}_e = [y'y - \hat{r}'X'y - \hat{a}'Z'y - \hat{c}'W'y] / [N - r(x)];$

c) Herdabilidade no sentido amplo (h_g^2): $h_g^2 = \frac{\hat{V}_g}{\hat{V}_f};$

d) Coeficiente dos efeitos ambientais entre parcelas:

$$c_{\text{parc}}^2 = \frac{\hat{V}_p}{\hat{V}_g + \hat{V}_p + \hat{V}_e};$$

e) Herdabilidade média de clones: $h_m^2 = \frac{V_g}{V_g + \frac{V_c}{b} + \frac{V_e}{nb}};$

f) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_{\text{exp}}(\%) = \frac{\sqrt{\frac{V_e + V_c}{n}}}{m} \cdot 100;$$

g) Coeficiente de variação genética:

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{V_g}}{m} \cdot 100;$$

h) Relação entre o coeficiente de variação genético pelo ambiental: $CV_r = \frac{CV_g(\%)}{CV_{exp}(\%)}$;

$$CV_r = \frac{CV_g(\%)}{CV_{exp}(\%)};$$

i) Variância genética: $\hat{V}_g = \hat{V}_a + \hat{V}_d + \hat{V}_I$, em que \hat{V}_a variância genética aditiva; \hat{V}_d variância genética dominante e \hat{V}_I = variância genética epistática.

2.3 Correlação Genética e Fenotípica

A correlação genética, r_g ou rggd, entre dois caracteres ou um único caráter em idades distintas foi estimada por $\hat{r}_g = \frac{C\hat{O}V}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{a(y)}^2}}$, em que

a $C\hat{O}V_{a(x,y)}$ é a covariância genética entre x e y , em que, $\hat{\sigma}_{a(x)}^2$ é componente de variância genética para o x , e $\hat{\sigma}_{a(y)}^2$ é a variância genética para o y .

A correlação fenotípica (\hat{r}_f) entre dois caracteres foi estimada por $\hat{r}_f = \frac{C\hat{O}V_{f(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{f(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{f(y)}^2}}$ em que $C\hat{O}V_{f(x,y)}$

é a covariância fenotípica entre x e y , $\hat{\sigma}_{f(x)}^2$ é o componente de variância fenotípica para o x , e $\hat{\sigma}_{f(y)}^2$

é o componente de variância fenotípica para o y . As correlações genéticas foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada).

2.4 Análise dos Modelos Mistos

Por meio do método de Análise de *Deviance* avaliou-se a significância estatística entre os tratamentos. Para sua composição foram realizados os seguintes passos (Resende, 2007b):

i) obtenção do logaritmo do ponto máximo da função de verossimilhança residual (L) para os modelos com e sem o efeito a ser testado; ii) cálculo da *Deviance* ($D = -2 \times \text{LogL}$) para modelos com e sem o efeito a ser testado;

iii) obtenção da razão de verossimilhança (LR, do inglês *Likelihood Ratio*) dada pela diferença entre as *Deviances* para modelos com e sem o efeito a ser testado; iv) teste da significância da diferença entre *Deviances* via LRT (*Likelihood Ratio Test*), usando o teste qui-quadrado com um grau de liberdade.

2.5 Ordenamento dos Clones

Os valores genotípicos de cada clone foram obtidos somando os efeitos genotípicos à média geral do ensaio. O ganho genético (G_s) equivale à média dos vetores dos efeitos genéticos preditos para os clones selecionados. A média geral (μ) somada ao G_s resultou na média da população melhorada. O desempenho relativo de cada clone foi obtido pela relação entre as médias da população melhorada de cada clone e a média do clone de maior valor genético. Foram acrescentados, na listagem, os valores fenotípicos de cada clone, correspondentes aos valores de campo observados no experimento. A intensidade de seleção clonal utilizada para obtenção da população melhorada foi 10%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de tratamentos foi significativo a 1% de probabilidade, indicando a existência de variação genética entre os clones, a qual foi detectada pelo teste da razão de verossimilhança (LRT, $X^2 = 6,63$) (Tabela 1). A existência de variação genética é um fator básico aos programas de melhoramento, pois subsidia o progresso genético com a prática da seleção, uma vez que esta variabilidade pode ser explorada para o desenvolvimento de materiais genéticos (Cruz et al., 2004; Rocha et al., 2009).

Tabela 1. Análise de *Deviance* e teste de razão da verossimilhança (LTR) dos parâmetros genéticos de clones de *Eucalyptus* spp. para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) aos quatro (DAP4, ALT4) e aos cinco (DAP5, ALT5) anos de idade.

Table 1. Analysis of Deviance and likelihood ratio test (LTR) of genetic parameters for each variable in relation to diameter at breast height – DAP (cm) and height – ALT (m) of *Eucalyptus* spp. clones at four (DAP4, ALT4) and five (DAP5, ALT5) years old.

<i>Deviance</i>	Caractere			
	DAP4	DAP5	ALT4	ALT5
Clone (h_2)	4.329,44	5.345,93	3.458,25	3.556,86
Parcela (c_2)	3.544,54	4.215,27	3.044,99	2.867,26
Modelo	3.526,67	4.198,8	3.034,38	2.837,74
LRT (h_2)	802,77**	1147,13**	423,87**	719,12**
LRT (c_2)	17,87**	16,47**	10,61**	29,52**

Clone (h_2): *Deviance* do clone; Parcela (c_2): *Deviance* da parcela; Modelo: *Deviance* do modelo; LRT (h_2): Razão da verossimilhança do clone; LRT (c_2): Razão da verossimilhança da parcela; **: significativo à 1% de probabilidade.

Clone (h_2): Clone's *Deviance*; Plot (c_2): Plot's *Deviance*; Model: Model's *Deviance*; LRT (h_2): likelihood ratio of clone; LRT (c_2): likelihood ratio of plot; **: significant at 1% of probability.

Nesse trabalho, o efeito do coeficiente de determinação de parcela (c_2) foi considerado significativo a 1% de probabilidade para todas as variâncias, indicando a influência do ambiente nas estimativas dos parâmetros genéticos (Tabela 1). Isso certamente ocorreu pelo uso de materiais não adaptados às condições edafoclimáticas da região onde o ensaio foi instalado experimento.

As estimativas das variâncias genótípicas (\hat{V}_g) mostraram que os caracteres avaliados no ambiente em estudo apresentaram taxas de controle genéticos similares (Tabela 2). No caso da variância ambiental entre parcelas (\hat{V}_c) e variância residual (\hat{V}_e), aos quatro e cinco anos de idade, houve pouca variação para ambos os caracteres avaliados (Tabela 2). Esse resultado indica que as variações fenotípicas (\hat{V}_f) encontradas entre os indivíduos são de caráter genético (Garcia e Nogueira, 2005).

O valor da herdabilidade depende de todos os componentes da variância, assim, qualquer alteração em um deles afetará o valor da

proporção herdável, que expressa a proporção da variação total que é atribuída ao efeito genético (Falconer, 1989). Os coeficientes de herdabilidade individual no sentido amplo (\hat{h}_g^2), ou seja, dos efeitos genotípicos totais encontrados, foram de média magnitude para os caracteres DAP e ALT, variando entre 46% a 56% e 40% a 55%, respectivamente (Tabela 3). Esses resultados são favoráveis à seleção de clones, o que gerará altos ganhos na próxima seleção.

O coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas (c_{parc}^2) mensura a variabilidade dentro dos blocos, logo, quanto mais elevado este valor, maior será a variância ambiental (Rocha et al., 2006). Para os caracteres avaliados, aos quatro e cinco anos de idade, os valores foram de baixa magnitude para DAP (de 0,009 a 0,011), enquanto para a altura este parâmetro variou de 0,012 até 0,019, apresentando, portanto, maior variabilidade em relação ao DAP (Tabela 3).

Tabela 2. Estimativa das variâncias genéticas (parcela, ambiental e fenotípica) para clones de *Eucalyptus* spp. para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) aos quatro (DAP4, ALT4) e aos cinco (DAP5, ALT5) anos de idade.

Table 2. Estimates of genetic variance (plot, environment and phenotype) of *Eucalyptus* spp. clones for diameter at breast height – DAP (cm) and height – ALT (m) at four (DAP4, ALT4) and five (DAP5, ALT5) years old.

Parâmetros	Caractere			
	DAP4	DAP5	ALT4	ALT5
\hat{V}_g	1,77	3,70	1,86	2,87
\hat{V}_c	0,04	0,06	0,06	0,10
\hat{V}_e	2,02	2,85	2,73	2,23
\hat{V}_f	3,83	6,61	4,64	5,19

\hat{V}_g : variância genotípica; \hat{V}_c : variância ambiental entre parcelas; \hat{V}_e : variância residual; \hat{V}_f : variância fenotípica individual.

\hat{V}_g : genotypic variance; \hat{V}_c : environmental variance among plots; \hat{V}_e : residual variance; \hat{V}_f : individual phenotypic variance.

Tabela 3. Estimativa das herdabilidades para clones de *Eucalyptus* spp. para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) aos quatro (DAP4, ALT4) e aos cinco (DAP5, ALT5) anos de idade.

Table 3. Estimates of heritability for *Eucalyptus* spp. clones for diameter at breast height – DAP (cm) and height – ALT (m) at four (DAP4, ALT4) and five (DAP5, ALT5) years old.

Parâmetros	Caractere			
	DAP4	DAP5	ALT4	ALT5
\hat{h}_g^2	0,46 ± 0,04	0,56 ± 0,05	0,40 ± 0,05	0,55 ± 0,06
\hat{h}_{aj}^2	0,466	0,564	0,405	0,563
c_{parc}^2	0,011	0,009	0,012	0,019
\hat{h}_m^2	0,994	0,996	0,993	0,995

\hat{h}_g^2 : herdabilidade individual no sentido amplo; \hat{h}_{aj}^2 : herdabilidade ajustada; c_{parc}^2 : efeitos ambientais entre parcelas; \hat{h}_m^2 : herdabilidade média de clones.

\hat{h}_g^2 : broad-sense heritability; \hat{h}_{aj}^2 : adjusted heritability; c_{parc}^2 : environmental effects among plots; \hat{h}_m^2 : clonal mean heritability.

A variação genética entre os clones, que é expressa pelo valor do coeficiente de variação genética ($CV_g(\%)$) em percentuais da média geral, variou de 11,44% a 14,70% para o caractere DAP e 9,15% a 10,22% para altura, o que pode ser favorável à seleção (Garcia e Nogueira, 2005). Quanto à razão entre CV_g / CV_e ,

que é expressa pelos valores do coeficiente de variação relativa (CV_r), os resultados encontrados (Tabela 4) para DAP e altura aos quatro e cinco anos foram superiores a um. Segundo Vencovsky (1987), esse resultado indica que o processo de seleção gerará altos e rápidos ganhos genéticos.

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros genéticos para clones de *Eucalyptus* spp. para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m) e altura (ALT, m) aos quatro (DAP4, ALT4) e aos cinco (DAP5, ALT5) anos de idade.

Table 4. Estimates of genetic parameters for *Eucalyptus* spp. clones for diameter at breast height – DBH (cm) and height – H (m) at four (DAP4, ALT4) and five (DAP5, ALT5) years of age.

Parâmetros	Caractere			
	DAP4	DAP5	ALT4	ALT5
$CV_g(\%)$	11,44	14,70	9,15	10,22
$CV_e(\%)$	3,82	4,02	3,46	3,12
CV_r	2,99	3,65	2,63	3,27
Ac_{clone}	0,99	0,99	0,99	0,99
\hat{r}_g	0,99	0,99	0,99	0,99
Média geral	11,61	13,07	14,90	16,57

$CV_g(\%)$: coeficiente de variação genética; $CV_e(\%)$: coeficiente de variação residual; CV_r : coeficiente de variação relativa; Ac_{clone} : acurácia de clone; \hat{r}_g : estimativa de correlação genética.

$CV_g(\%)$: coefficient of genetic variation; $CV_e(\%)$: coefficient of residual variance; CV_r : coefficient of relative variation; Ac_{clone} : clonal accuracy; \hat{r}_g : genetic correlation estimate.

As estimativas de correlações genéticas (\hat{r}_g) entre os caracteres avaliados aos quatro e cinco anos foram altas e positivas; dessa forma um caractere irá beneficiar outros, viabilizando a seleção indireta (Falconer, 1987). Observa-se que o maior valor da média geral dos parâmetros foi para ALT e DAP aos cinco anos. Não houve grande variação no comportamento nas idades avaliadas (Tabela 4). As correlações fenotípicas foram elevadas para os caracteres e anos avaliados (Tabela 5).

Na seleção, emprega-se o caráter que está menos sujeito a erro, no caso o DAP. Assim, devido à confiabilidade e facilidade na medição, optou-se por conduzir a seleção apenas para o DAP aos três anos de idade, que apresentou alta correlação genética com a altura. Trabalhos com

outros clones também priorizaram esse caractere na seleção de materiais genéticos (Pires, 1996; Tambarussi et al., 2017). Para dar continuidade aos testes clonais, os 10% melhores clones, baseados no DAP aos três anos de idade, foram selecionados e ordenados de acordo com os melhores valores genotípicos (Tabela 6).

Valores genotípicos devem ser utilizados pelos melhoristas, pois são estes os valores verdadeiros associados aos caracteres avaliados e que devem ser, portanto, utilizados para a seleção de materiais mais produtivos. A seleção dos melhores clones pelo método REML/BLUP tem-se mostrando eficiente, resultando em ganhos substanciais no melhoramento florestal (Garcia e Nogueira, 2005; Rocha et al., 2007).

Tabela 5. Matriz de correlação fenotípica para clones de *Eucalyptus* spp. para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP (cm) e altura – ALT (m), aos quatro (DAP4, ALT4) e cinco (DAP5, ALT5) anos de idade.

Table 5. Phenotypic correlation matrix of *Eucalyptus* spp. clones for diameter at breast height – DAP (cm) and height – ALT (m), at four (DAP4, ALT4) and five (DAP5, ALT5) years old.

Variável	DAP5	ALT4	ALT5
DAP4	0,96*	0,93*	0,86*
DAP5	–	0,91*	0,88*
ALT4	–	–	0,93*

*Significativo a 5% de probabilidade.

*Significative at 5% of probability.

Tabela 6. Ordenamento dos clones selecionados de *Eucalyptus* spp. com melhor desempenho para diâmetro à altura do peito – DAP (cm) aos três anos de idade.

Table 6. Ranking of *Eucalyptus* spp. selected clones based on performance of diameter at breast height – DAP (cm) at three years old.

Ordem	Clones	G	u + g	Ganho	Nova Média
1	1	5.5914	18.6657	5.5914	18.67
2	2	5.5152	18.5895	5.5533	18.63
3	AA-217	5.0570	18.1313	5.3878	18.46
4	1199	4.5140	17.5882	5.1694	18.24
5	1016	4.1661	17.2404	4.9687	18.04
6	1004	3.6109	16.6852	4.7424	17.81
7	A	3.5600	16.6343	4.5735	17.65
8	1005	3.4111	16.4854	4.4282	17.50
9	1041	2.8830	15.9573	4.2565	17.33
10	3	2.8350	15.9093	4.1143	17.19
11	1044	2.5253	15.5996	3.9699	17.04
12	1000	2.4571	15.5313	3.8438	16.91
13	B	2.3377	15.412	3.7280	16.80

g: efeito genotípico predito; u: média dos clones; u + g: valor genotípico.

g: predicted genotypic effect; u: clone average; u + g: genotypic value.

4 CONCLUSÕES

Os coeficientes de herdabilidade foram de média magnitude para os caracteres diâmetro à altura do peito – DAP e altura – ALT.

As correlações genéticas e fenotípicas foram altas e positivas, possibilitando tanto a seleção precoce quanto a indireta.

Há boas chances de sucesso na seleção e ganhos genéticos para o material avaliado devido à alta variabilidade genética presente entre os clones.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Ferroeste pela concessão dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M.C. et al. Quantity, organization, and distribution of chloroplast microsatellites in all species of *Eucalyptus* with available plastome. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 18, p. 97-102, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF, 2013**. Ano base 2012. Brasília, 2012. 147 p.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, p. 75-87, 2002.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York: Longman Scientific and Technical, 1989. 438 p.

GARCIA, C.H.; NOGUEIRA, M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 68, p. 107-112, 2005.

TAMBARUSSI, E.V. et al. Seleção de clones de *Eucalyptus*.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Anual 2016**. Brasília, DF: 2016. 100 p.

_____. Relatório IBÁ 2014. São Paulo: IBÁ, 2014.

LIMA, A.A.C.; OLIVEIRA, F.N.S.; AQUINO, A.R.L. **Solos e aptidão edafoclimática para a cultura do cajueiro no Município de Grajaú-MA**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1999. 5 p.

MARTINI, A.J. **Edmundo Navarro de Andrade: o plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil**. São Paulo: Humanitas FFLCH-USP, 2008. 370 p.

MIRANDA, S.B. A monocultura do eucalipto alterando o espaço agrário no oeste maranhense. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia. **Anais...** Disponível em: < http://www.lagea.ig.ufu.br/xxlenga/anais_enga_2012/eixos/1213_1.pdf > Acesso em: 26 nov 2017.

NUNES, B.H.S. et al. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v. 8, p. 49-58, 2002.

PINTO JÚNIOR, J.E. et al. Efeitos da correção de dados na redução da heterogeneidade das variâncias genética, ambiental e fenotípica em testes de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 51, p. 75-107, 2005.

PIRES, I.E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.** 1996. 116 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

_____. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 362 p.

ROCHA, M.G.B. et al. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus urophylla* utilizando os procedimentos REML/ BLUP e E (QM). **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 369-379, 2006.

_____. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

ROCHA, R.B. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e seleção de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Vogel (baru) utilizando metodologia de REML-BLUP e E(QM). **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 331-338, 2009.

TAMBARUSSI, E.V. et al. Estimativa de parâmetros genéticos para a seleção precoce em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 1-10, 2017.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 137-214.

VERRYN, S.D. Eucalyptus hybrid breeding in South Africa. In: DUNGEY, H.S.; DIETERS, M.J.; NIKLES, D.J. (Ed.). **Proceedings of QFRI/ CRC-SPF Symposium: Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees**. Noosa: Department of Primary Industries, 2000. p. 191-199.

XAVIER, A.; SILVA, R.L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, p. 93-98, 2010.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Apresentação

A **Revista do Instituto Florestal (Rev. Inst. Flor.)** é um periódico semestral de divulgação científica, que publica trabalhos em ciências florestais e afins, na forma de artigos científicos, notas científicas e artigos de revisão, redigidos em português, inglês ou espanhol.

O trabalho submetido à publicação na Revista do Instituto Florestal deverá ser original e inédito, não tendo sido publicado nem submetido a outras revistas. Será distribuído pelo editor-chefe da Comissão Editorial a um relator da área do trabalho, que o enviará a dois analistas, especialistas nessa área. O sistema de análise utilizado é o duplo-cego em que os nomes dos autores e dos analistas são mantidos em sigilo.

O trabalho será analisado e receberá uma das seguintes avaliações: aceitável sem modificações; aceitável com modificações; necessita ser totalmente reformulado e submetido à nova análise; recusado para publicação.

Após a análise, os comentários e sugestões dos analistas serão encaminhados aos autores para realizarem as modificações necessárias. As sugestões não aceitas deverão ser justificadas. Após as modificações, a versão corrigida deverá ser reencaminhada para o editor de área da Comissão. Com base nos pareceres dos analistas, caberá ao relator o aceite ou a recusa do trabalho após a conclusão do processo de análise.

Após o aceite e a diagramação do trabalho, as provas de publicação serão enviadas aos autores para uma revisão final (restrita a erros e composição) e deverão ser devolvidas no prazo indicado.

Os artigos serão publicados nas formas impressa e *online* na página da Revista do Instituto Florestal: http://www.iflorestal.sp.gov.br/publicacoes/revista_if/index.asp. Os autores receberão, posteriormente, um exemplar da revista na qual seu artigo foi publicado.

Ao submeterem um artigo para a Revista do Instituto Florestal os autores concordam com a publicação exclusiva do artigo neste periódico e com a transferência automática de direitos de cópia e permissões à editoradora do periódico.

Normas para Encaminhamento e Apresentação dos Originais

Os originais devem ser encaminhados por *e-mail*, acompanhados de uma carta endereçada ao Editor-Chefe da Comissão Editorial, em que devem constar o título, os autores, a filiação e uma declaração do caráter original e inédito do trabalho.

Editor-Chefe da Comissão Editorial
Instituto Florestal
comissaoeditorial@if.sp.gov.br

Os arquivos devem ser no formato Word em extensão doc. Devem apresentar as seguintes características: papel A4 (210 mm x 297 mm); margens superior, inferior, direita e esquerda de 25 mm; espaço duplo; fonte Times New Roman 11; texto justificado; páginas numeradas a partir da primeira página de texto, não ultrapassando 30 páginas (inclusive tabelas e figuras) para artigos científicos e de revisão e 10 páginas para notas científicas, sendo aceitas exceções, desde que aprovadas pela Comissão Editorial.

A página de rosto deve conter: título do manuscrito, em português e inglês, nome por extenso do(s) autor(es), rodapé com os dados relativos à filiação institucional (instituição, rua, número, CEP, cidade, estado, país) e o e-mail do autor responsável pelo trabalho para correspondência.

Na segunda página devem constar: resumo, palavras-chave, abstract e keywords.

É necessário obedecer a seguinte padronização:

- **Título:** centralizado, em caixa alta e negrito, seguido do título em inglês e título resumido. Deve ser claro, objetivo, conciso, com até 20 palavras, e refletir o conteúdo do trabalho. Devem ser evitadas abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem sua compreensão.
- **Resumo e Abstract:** devem ter até 250 palavras e apresentar sinteticamente a questão que motivou a pesquisa, os objetivos, o material e métodos, os resultados e conclusões. Não têm recuo no texto nem numeração, devem ser iniciados com a palavra em caixa alta e negrito, seguida de traço, começando o texto na mesma linha.
- **Palavras-chave e keywords:** de três a seis, em ordem de importância, não repetindo aquelas utilizadas no título.
- **Tópicos:** em caixa alta, negrito, recuo à esquerda, numerados em algarismos arábicos.
- **Introdução:** apresentar a questão, contextualizar com base na revisão da literatura, explicitar os objetivos e, se necessário, apresentar as hipóteses.
- **Material e Métodos:** deve conter descrições breves, suficientemente claras para permitir a repetição do estudo; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome completo da(s) espécie(s). Mapas podem ser inclusos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Apresentar as coordenadas geográficas de estudos de campo. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para análise de dados em Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e Métodos. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.

- **Resultados e Discussão:** a separação em dois itens é opcional. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.
- **Conclusões:** as conclusões, se houver, devem estar neste item, claramente relacionadas com os objetivos e as hipóteses colocadas na Introdução. Se as conclusões forem poucas e dispensarem um item específico podem finalizar o item anterior.
- **Agradecimentos:** devem ser sucintos; nomes de pessoas e instituições devem ser escritos por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos. Créditos de financiamentos, bolsas e vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos podem ser incluídos.
- **Referências Bibliográficas:** devem ser apresentadas no final do texto, sem recuo, dispostas em ordem alfabética. Para a elaboração deste item, verificar as *Normas para Referências Bibliográficas*.
- **Notas de Rodapé:** devem ser evitadas ao máximo, podendo ser, excepcionalmente, aceitas. Utilizar fonte Arial 7.
- **Ilustrações:** são consideradas ilustrações as Tabelas, Figuras e Quadros. Deverão apresentar chamada no texto, sem abreviatura e com letra inicial em maiúscula. No texto, as ilustrações devem ser inseridas o mais próximo possível da citação. Os títulos das ilustrações devem estar em português e inglês, autoexplicativos, sem negrito e com fonte Times New Roman 10.
 - **Tabelas e Quadros:** nas tabelas e quadros os títulos devem vir em posição superior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Tabela 1. Título.). Recomenda-se não utilizar linhas verticais separando as colunas. Quanto ao sombreamento das linhas de tabelas e quadros, utilizar tons de cinza quando extremamente necessário. As fontes consultadas para a construção das tabelas e outras notas devem ser colocadas após o traço inferior. Enviar as tabelas em arquivo Word.
 - **Figuras:** desenhos, mapas, esquemas, fichas, gráficos e fotografias são considerados como Figura. Nas figuras os títulos devem vir em posição inferior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Figura 1. Título.). As fotografias devem ser enviadas em arquivo digital, preferencialmente com extensão JPEG. Devem ser de boa qualidade, ter resolução mínima de 300 DPIs, formato máximo de 150 mm x 100 mm e conter o crédito do(s) autor(es). Não serão aceitas imagens escaneadas com baixa resolução. O tamanho máximo de mapas, esquemas, desenhos, fichas e gráficos deverá ser de 215 mm x 170 mm, incluindo o título e a fonte consultada (se houver). No envio da versão final do trabalho, as figuras deverão vir em arquivos separados.
- **Equações:** devem estar destacadas no texto para facilitar sua leitura. É permitido o uso de uma entrelinha maior, que comporte seus elementos (expoentes, índices e outros). Quando fragmentadas em mais de uma linha, por falta de espaço, devem ser interrompidas antes do sinal de igualdade ou depois dos sinais de adição, subtração, multiplicação e divisão.
- **Siglas e Abreviaturas:** as siglas e abreviaturas devem ser apresentadas em caixa alta. Quando utilizadas pela primeira vez no texto, devem ser precedidas pelo seu significado por extenso, com travessão, ex.: Unidade de Conservação – UC. Siglas internacionais não devem ser traduzidas. Evitar o uso de siglas no Abstract.
- **Nomenclatura Científica:** deve ser abreviada somente quando aparecer mais de uma vez no mesmo parágrafo. Seguir as regras internacionais.
- **Números:** escrever por extenso os números de um até nove, exceto quando seguidos de unidade ou indicarem numeração de tabela ou figura, ex.: três indivíduos, 6,0 m, 2,0-2,5 µm. Para os números decimais utilizar vírgula nos artigos escritos em português ou espanhol, e ponto nos artigos escritos em inglês.
- **Unidades e Medidas:** deve-se utilizar o sistema métrico e o Sistema Internacional de Unidades – SI. Separar as unidades dos valores através de um espaço, exceto para porcentagem, graus, minutos e segundos das coordenadas geográficas. Utilizar abreviaturas sempre que possível e, para as unidades compostas, usar exponenciação e não barras. Ex.: mg.dia⁻¹ em vez de mg/dia⁻¹, µmol.min⁻¹ em vez de µmol/min⁻¹.

Normas para Citação no Texto

A citação no texto deverá apresentar o formato **autor** (inicial maiúscula) + **data**.

Nas citações com dois autores os sobrenomes devem estar ligados por “e”. Ex.: Chaves e Usberti (2003) ou (Chaves e Usberti, 2003).

Nas citações com três ou mais autores, citar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Ex.: Gomes et al. (2008) ou (Gomes et al., 2008).

Nas citações indiretas usar a expressão latina “apud” sem itálico. Ex.: Oliveira (2002) apud Souza (2009).

Nas citações de vários artigos do mesmo autor e mesma data, indicar através de letras minúsculas a, b, c, etc. Ex.: Vrek (2005a, b) ou (Vrek, 2005a, b).

Citações de informações obtidas por meio de comunicação pessoal devem ser evitadas. Porém, se apresentadas, devem vir entre parênteses no texto, com o nome completo do autor. Ex.: (José da Silva, comunicação pessoal).

Dados não publicados devem ser apresentados sempre em nota de rodapé, acompanhados pela expressão “não publicado” entre parênteses.

Citações de dissertações, teses e publicações no prelo devem ser evitadas ao máximo, podendo ser aceitas a critério da Comissão Editorial.

Não serão aceitas citações de resumos simples e monografias ou trabalhos de conclusão de curso.

Normas para Referências Bibliográficas

Deverão ser apresentadas em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es), obedecer a ordem cronológica de publicação. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es) e mesma data, indicar através de letras minúsculas, ex.: 2005a, 2005b, etc. Para os documentos com mais de três autores, indicar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Os nomes dos autores devem ficar separados por ponto e vírgula e as iniciais dos prenomes não devem ter espaço.

Exemplos:

- **Livro**

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 3, 593 p.

- **Capítulo ou Parte de Livro**

HOBBS, R.J.; NORTON, D.A. Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: TEMPERTON, V.M. et al. (Ed.). **Assembly rules and restoration ecology**. London: Island Press, 2007. p. 72-95.

- **Dissertação/Tese**

MIGLIORINI, A.J. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta**. 1986. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

- **Artigo de Periódico**

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 21, n. 3, p. 553-573, 2007.

- **Trabalho Apresentado em Evento e Publicado em Anais**

GIANSANTE, A.E. et al. Sensoriamento remoto aplicado à proteção de mananciais: o caso do sistema Cantareira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1993, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 1993. v. 2, p. 657-659.

- **Legislação**

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência, v. 70, p. 3145-3166, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 53.494, de 2 de outubro de 2008. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas, as quase ameaçadas, as colapsadas, sobreexploradas, ameaçadas de sobreexploração e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 118, n. 187, 3 out. 2008. Seção I, p. 1-10.

- **Mapa**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 1998. Escala 1:5.000.000.

- **Documento Obtido por Via Eletrônica**

CATHARINO, E.L.M. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article=bn00306022006>>. Acesso em: 16 set. 2009.

