

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

Revista do Instituto Florestal v. 27 n. 1 jun. 2015

v. 27 n. 1 p. 1 - 120 jun. 2015

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE

Patrícia Faga Iglecias Lemos

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Miguel Luiz Menezes Freitas

ISSN Online 2178-5031

Revista do

**INSTITUTO
FLORESTAL**

v. 27 n. 1 p. 1 - 120 jun. 2015

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-
1996, 8(1-2)	2006, 18	
1997, 9(1-2)	2007, 19(1-2)	
1998, 10(1-2)	2008, 20(1-2)	

Esta publicação é indexada no Academic Journal Database, AGRIS, Directory of Open Access Journal – DOAJ, Latindex, Open Access Library – OALib e 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

Publicada *on-line* em 30 de junho de 2015

Tiragem: 400 exemplares

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Frederico Alexandre Rocchia 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

Beatriz Schwantes Marimon
UNEMAT – Nova Xavantina

Carla Daniela Câmara
UTFPR – Medianeira

Claudio de Moura
Instituto Florestal

Daniela Fessel Bertani
Instituto Florestal

Daysi Vilamajó Alberdi
Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

Humberto Gallo Júnior
Instituto Florestal

Ingrid Koch
UFSCAR – Sorocaba

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

João Carlos Nucci
UFPR

Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Instituto Florestal

Leonardo Alves de Andrade
UFPB – Areia

Maria de Jesus Robim
Instituto Florestal

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal

Miguel Angel Vales Garcia
Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba

Milton Cezar Ribeiro
IB – UNESP – Rio Claro

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Rosângela Simão Bianchini
Instituto de Botânica

Roseli Buzanelli Torres
Instituto Agronômico de Campinas

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

CONSELHO EDITORIA/EDITORIAL COUNCIL

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

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

Fábio de Barros – *Instituto de Botânica*

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

George John Shepherd – *IB-UNICAMP*

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

Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – *IB-USP*

Robin Chazdon – *The University of Connecticut, EUA*

Sueli Angelo Furlan – *FFLCH-USP*

Walter de Paula Lima – *ESALQ-USP*

**REVISÃO DO VERNÁCULO/LÍNGUA INGLESA
PORTUGUESE/ENGLISH REVIWER**
Yara Cristina Marcondes

**REVISÃO FINAL
FINAL REVIEW**
Yara Cristina Marcondes

**REVISÃO DE LÍNGUA ESPANHOLA
SPANISH REVIWERS**
Ivan Suarez da Mota
Miguel Angel Vales Garcia

**EDITORAÇÃO GRÁFICA
GRAPHIC EDITING**
Yara Cristina Marcondes

**TRATAMENTO DE IMAGENS
IMAGE EDITING**
Filipe Bernardino Barbosa

**criação da capa
COVER ART**
Leni Meire Pereira Ribeiro Lima
Regiane Stella Guzzon

ANALISTAS/REFEREES

Adriano Wagner Ballarin
Universidade Federal de Minas Gerais

Ananda Virgínia de Aguiar
Embrapa Florestas

Antonio Ludovico Beraldo
Universidade Estadual de Campinas

Cláudia de Lima Nogueira
Escola Superior de Tecnologia e Educação de Rio Claro

Dimas Antonio da Silva
Instituto Florestal

Eduardo Luiz Longui
Instituto Florestal

Fábio de Barros
Instituto de Botânica

Frederico Alexandre Rocchia Dal Pozzo Arzolla
Instituto Florestal

Israel Luiz de Lima
Instituto Florestal

João Batista Baitello
Instituto Florestal

Mário Luiz Teixeira de Moraes
UNESP Campus Ilha Solteira

Matheus Peres Chagas
Universidade Federal de Goiás

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Simone de Pádua Teixeira
USP

Solon Jonas Longhi
Universidade Federal de Santa Maria

Sueli Ângelo Furlan
FFLCH-USP

Thiago Floriani Stepka
Universidade do Contestado

Ugo Leandro Belini
Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae).
Morphology of fruits, seeds and seedlings of *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae).
Rejane Maria da SILVA; Rayane de Tasso Moreira RIBEIRO; Diogenes José Gusmão COUTINHO; Suzene Izídio da SILVA; Maria Izabel GALLÃO 7-17
- Basic specific gravity and anatomy of *Peltophorum dubium* wood as a function of provenance and radial position. Densidade aparente e anatomia da madeira de *Peltophorum dubium* em função da procedência e posição radial. Israel Luiz de LIMA; Eduardo Luiz LONGUI; Cintya CERATO; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM; Antonio Carlos Scatena ZANATTO 19-29
- Variabilidade genética em progênies de *Pinus caribea* var. *hondurensis* aos 21 anos de idade. Genetic variability in progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* at 21 years of age. Hugo Rodrigo MACEDO; Miguel Luiz Menezes FREITAS; Osmar Vilas BOAS; Alexandre Magno SEBBENN 31-39
- Tamanho amostral para a estimativa da densidade básica em um clone híbrido de *Eucalyptus* sp. Sample size for estimating basic density in a clone of *Eucalyptus* sp. hybrid. Francisca Andrade de PÁDUA; Paulo Fernando TRUGILHO; Cláudio Roberto THIERSCH; Mayara Marcon VIRE; José Mauro Santana da SILVA..... 41-47
- Áreas prioritárias ao restabelecimento da conectividade estrutural entre fragmentos florestais da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto. Priority areas to restoration of structural connectivity between forest fragments of Buffer Zone of Ribeirão Preto Ecological Station. Elenice Mouro VARANDA; Marina Janzantti LAPENTA; Valéria Maria Melleiro GIMENEZ; Marcela Pereira VASTERS; Hertz Figueiredo dos SANTOS; José Ricardo BAROSELA; Nicole Maria Marson DONADIO; Luciana de Fátima GAIOSO-RAFAEL; Cleide de OLIVEIRA;..... 49-71
- Caracterização química, física e mecânica de briquetes de duas variedades de bambu. Chemical, physical and mechanical characterization of briquettes from two bamboo varieties. Paula Martucheli AMARAL; Fábio Minoru YAMAJI; Pamela Beatriz Moreira de OLIVEIRA; Diego Aleixo da SILVA; José Mauro Santana da SILVA; Saulo Philipe Sebastião GUERRA 73-81
- Orchidaceae no Parque Estadual da Cantareira e sua conservação. Orchidaceae in the Cantareira State Park and its conservation. Luciano Ramos ZANDONÁ; Eduardo Luís Martins CATHARINO 83-101
- Quantificação da biomassa em plantios de *Pinus elliottii* Engelm. em Clevelândia – PR. Measurement of biomass in plantations of *Pinus elliottii* Engelm. Gerson dos Santos LISBOA; Karina LANZARIN; David Fagner de Souza LIRA; Camila Mariah Magri PESCADOR; Luciano Farinha WATZLAWICK; Alvaro Felipe VALÉRIO 103-115

**MORFOLOGIA DE FRUTOS, SEMENTES E PLÂNTULAS DE
Couroupita guianensis Aubl. (LECYTHIDACEAE)¹**

**MORPHOLOGY OF FRUITS, SEEDS AND SEEDLINGS OF
Couroupita guianensis Aubl. (LECYTHIDACEAE)**

Rejane Maria da SILVA^{2, 6}; Rayane de Tasso Moreira RIBEIRO³;
Diogenes José Gusmão COUTINHO⁴; Suzene Izídio da SILVA⁵; Maria Izabel GALLÃO²

RESUMO – *Couroupita guianensis* Aubl., conhecida popularmente como abricó de macaco, é uma espécie arbórea neotropical que ocorre nas florestas Atlântica e Amazônica. Considerando-se o potencial ecológico, econômico e a abundância dessa espécie, em especial na Floresta Atlântica, objetivou-se, com este trabalho, caracterizar morfológicamente frutos, sementes, germinação e plântulas, assim como, a citoquímica das sementes de *C. guianensis*, acrescentando informações para subsidiar estudos sobre sua conservação e utilização. Os frutos maduros foram coletados de 20 árvores no município de Recife-PE. Em seguida, foram realizadas a pesagem de mil sementes e medições individuais de comprimento, largura e espessura dos frutos e sementes para determinações biométricas e a caracterização morfológica de suas partes internas e externas, além da caracterização da plântula e de suas respectivas estruturas. O fruto de *C. guianensis* é indeiscente, drupisarcídio e globoso. A semente é eurispérmica, albuminosa e bitementada, e a massa de mil sementes desse lote foi de 153,5 g. A germinação da espécie é do tipo epigea, com o tegumento aderido aos cotilédones na fase inicial do crescimento da plântula, que tem início a partir do segundo dia após a sementeira, em condições de laboratório. O tempo médio e o índice de velocidade de germinação (IVG) foram de 2 dias e 2,174, respectivamente. A plântula com 30 dias apresenta todas as estruturas, sendo classificada no tipo morfofuncional faneroepígea-foliácea – PEF.

Palavras-chave: germinação; compostos de reserva; abricó de macaco; Floresta Atlântica.

ABSTRACT – *Couroupita guianensis* Aubl., popularly known as “abricó de macaco”, is a neotropical tree species, occurring in the Atlantic and Amazonian forests. Considering the ecological and economic potential, and abundance of this species, especially in the Atlantic Forest, the aim of this study was to characterize morphologically fruits, seeds, germination and seedlings, as well as the cytochemistry of *C. guianensis* seeds, adding data to support studies about their utilization and conservation of this species. Ripe fruits were collected from 20 trees in Recife city. It was calculated the weight of 1,000-seeds and individual measurements of length, width and thickness of the fruits and seeds for biometric determinations and morphological characterization of their internal and external parts, besides the characterization of the seedlings and their respective structures. Fruit of *C. guianensis* is indehiscent, drupisarcid and globous. The seed is eurispermic, albuminous, bitementated and 1,000-seeds weight of this lot was 153.5 g. Germination is epigeous, with the tegument adhering to the cotyledons in the initial seedling growth phase; it begins on the second day after sowing in laboratory conditions. The average time and speed of germination index (GSI) were 2 days and 2.174, respectively. The seedling with 30 days has already all structures, being classified as morfofuncional phanero-epigeal foliaceous type – PEF.

Keywords: germination; reserve compounds; abricó de macaco; Atlantic Forest.

¹Recebido para análise em 14.04.14. Aceito para publicação em 19.01.15. Publicado *on-line* em 30.06.15.

²Universidade Federal do Ceará, Departamento de Biologia, Avenida Humberto Monte, s/n, Campus Pici, 60451-760 Fortaleza, CE, Brasil.

³Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, Rua do Matão, 277, Cidade Universitária, 05508-090 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Biologia, Avenida Prof. Moraes Rego, 123, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil.

⁵Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

⁶Autor para correspondência: Rejane Maria da Silva – rejanefungi@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As Lecythidaceae (família da castanha-do-Pará) são árvores tropicais de planície, que atingiram sua maior diversidade em espécies nos neotrópicos, com dez gêneros e cerca de 700 espécies, incluindo árvores, arbustos e, raramente, lianas (Mori e Prance, 1981; Tsou, 1994). Entre os gêneros que ocorrem no Brasil, *Couroupita* é o menor, apresentando apenas três espécies, que constituem um grupo monofilético com base em dados morfológicos e moleculares, em especial os caracteres de frutos e sementes (Mori et al., 2007).

Couroupita guianensis Aubl. é popularmente conhecida pelo nome de castanha de macaco ou abricó de macaco. Trata-se de espécie nativa da Amazônia e cultivada como ornamental, ou em reflorestamento, em vários estados brasileiros (Rodrigues, 1989; Lorenzi, 2002).

Entre as espécies da família, essa é a que possui maior abordagem nas diversas áreas de estudos como: germinação (Cunha et al., 2006), química (Dave et al., 2006), biotecnologia (Regina e Uma Rajan, 2012). O interesse vem crescendo devido a algumas propriedades medicinais atribuídas à espécie, como atividade antiulcerogênica e antimicrobiana (Al-Dhabi et al., 2012; Elumalai et al., 2012).

Algumas espécies de Lecythidaceae têm sido estudadas com relação aos aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e germinação (Silva et al., 2014). Tais informações servem de subsídios para o uso dessas plantas em planos de manejo e recuperação de áreas degradadas, sobretudo para aquelas espécies com amplo interesse ecológico e econômico, como é o caso da castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* HBK), o jequitibá (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntz), a sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) e a jeniparana (*Gustavia augusta* L.) (Camargo et al., 2000; Braga et al., 2007; Margatto e Royer, 2009; Silva et al., 2014).

Por essa razão, e considerando-se a ocorrência e o potencial ecológico e econômico de *Couroupita guianensis*, este estudo teve como objetivo caracterizar morfológicamente os frutos, sementes e as plântulas, bem como, citoquimicamente, as sementes desta espécie, acrescentando dados para subsidiar estudos que visem à sua utilização e conservação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Coleta e Armazenamento

Frutos maduros de *Couroupita guianensis* foram coletados no solo, próximos a 20 matrizes cultivadas no município de Recife (PE) (8°03'14''S, 34°52'52''W) durante os meses de outubro e novembro de 2010. A exsicata da planta matriz foi incorporada ao Herbário Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE sob o número 50625. Os frutos foram acondicionados em sacos de papel pardo e levados ao laboratório para as análises.

2.2 Caracterização Morfológica de Frutos e Sementes

Foram selecionados aleatoriamente 20 frutos e 50 sementes, sendo estes utilizados para descrição dos caracteres morfológicos. Nos frutos, foram considerados os seguintes aspectos: peso, tipo, cor, dimensões, textura e consistência do pericarpo e número de sementes por fruto. Nas sementes, as características morfológicas externas observadas e descritas foram: cor, textura e consistência dos tegumentos, forma, bordo, posição do hilo, da micrópila e rafe, e características morfológicas internas, como: embrião (cotilédones, eixo hipocótilo-radícula, plúmula) e presença de endosperma.

As análises biométricas (comprimento, largura e espessura) dos frutos e sementes foram obtidas com paquímetro digital (Caliper), com precisão de 0,01 mm. Os dados relativos à massa fresca e seca de frutos e sementes foram obtidos por meio de balança analítica de precisão (Toledo Adventurer AR 2140). Os dados foram submetidos à análise descritiva, com cálculos de média aritmética e desvio-padrão.

2.3 Germinação e Caracterização Morfológica das Plântulas

O teste de germinação foi conduzido com 50 sementes (cinco repetições com dez sementes cada), em delineamento inteiramente casualizado. As sementes foram colocadas para germinar em duas folhas de papel de filtro (germitest), dispostas em placas de Petri, umedecidas com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel, e mantidas em câmara de crescimento do tipo BOD, a 25 °C, em fotoperíodo de 12 horas.

Ao final do teste, que teve duração de 20 dias, foram determinados a percentagem de germinação, o índice de velocidade e o tempo médio de germinação (Maguire, 1962; Labouriau, 1983).

Considerou-se como tempo de germinação o período entre o intumescimento da semente até formação dos eófilos e o estabelecimento da plântula. A definição de eófilo e metáfilo foi feita com base na análise da planta matriz, levando-se em consideração o conceito de Duke e Polhill (1981).

Os elementos vegetativos descritos e ilustrados foram os mesmos sugeridos por Santos et al. (2006): raiz (principal e secundárias), hipocótilo, cotilédones, epicótilo, protófilos de 1ª ordem, caule jovem e protófilos de 2ª ordem.

A metodologia e a terminologia empregadas estão de acordo com as dos trabalhos de Barroso et al. (1999), Gurgel (2000), Tsou e Mori (2002), Gonçalves e Lorenzi (2007). Os frutos, as sementes e as fases do desenvolvimento, desde a emissão da radícula até a completa formação dos eófilos e posterior desenvolvimento em mudas, foram ilustrados manualmente a olho nu.

2.4 Classificação do Tipo de Plântula

Os critérios pré-estabelecidos para caracterizar tipos de anormalidades nas plântulas seguiram as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). As plântulas foram classificadas de acordo com Garwood (1996), com base nas características dos cotilédones e no comprimento do hipocótilo.

Tabela 1. Biometria de frutos de *Couroupita guianensis* Aubl.

Table 1. Biometry of fruits of *Couroupita guianensis* Aubl.

Medições	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Variação
Comprimento (cm)	44,77	6,60	28 – 58
Largura (cm)	42,40	6,40	29 – 58,5
Número de sementes	206,63	77,80	85 – 390
Massa (kg)	1,62	0,60	0,56 – 3,04

*Média de 50 sementes.

*Average of 50 seeds.

**Desvio-padrão.

**Standard deviation.

2.5 Análise Citoquímica

Para a análise citoquímica foram cortadas transversalmente 20 sementes quiescentes e, posteriormente, fixadas em glutaraldeído 1% e paraformaldeído 4% em tampão fosfato de sódio 0,02M pH 7,2 durante 24 horas à temperatura ambiente (Karnovsky, 1965). Após a fixação, o material foi desidratado em série etanólica crescente e, em seguida, infiltrado e incluído em kit Historesina (Historesin Embedding kit; Heidelberg, Germany). Os cortes foram feitos a 5 µm em micrótomo semiautomático (Slee Mainz CUT 5062) e submetidos às seguintes colorações: xylydine ponceau (XP), que a pH 2,5 possibilita a visualização de proteínas totais (Vidal, 1970); reação com o ácido periódico e reativo de Schiff (PAS), que é utilizada para detecção de polissacarídeos neutros (Maia, 1979); Sudan IV 0,7% (m/v) para detecção de corpos lipídicos (Gerlach, 1984). As lâminas foram examinadas em fotomicroscópio OLYMPUS modelo BX41 e câmera UC30.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Morfológica do Fruto

A espécie apresenta fruto do tipo drupisarcídio, indeiscente, com forma variando de piriforme (imaturo) a globosa (maduro). Os frutos apresentam, em média, 44,7 cm de comprimento, 42,4 cm de diâmetro (Tabela 1). São maiores do que aqueles analisados por Schönberg (1983) e Mori et al. (2010), cujas médias de comprimento e largura foram de 17,5; 12 cm e 17,3; 25 cm, respectivamente.

Em corte transversal, o fruto de *Couroupita guianensis* é arredondado com pedúnculo em tons de castanho, homócrono, opaco, glabro, com retículos transversais (Figura 1A). O epicarpo é externamente lenhoso, homogêneo, de coloração marrom-claro, com lenticelas estouradas com espessura de 2,88 mm e o anel calicino possui 9 cm de diâmetro (Figura 1A, B).

O endocarpo é lenhoso, glabro, bege, opaco, levemente rugoso e contém uma polpa multispermada, heterogênea e granulosa com 3,86 mm de espessura (Figura 1B), sendo este separado em seis gomos por uma membrana delgada e tênue, com peso médio de 1,62 kg (com semente) e 1,25 kg (sem semente), e pode conter de 85 a 390 sementes (Figura 1C).

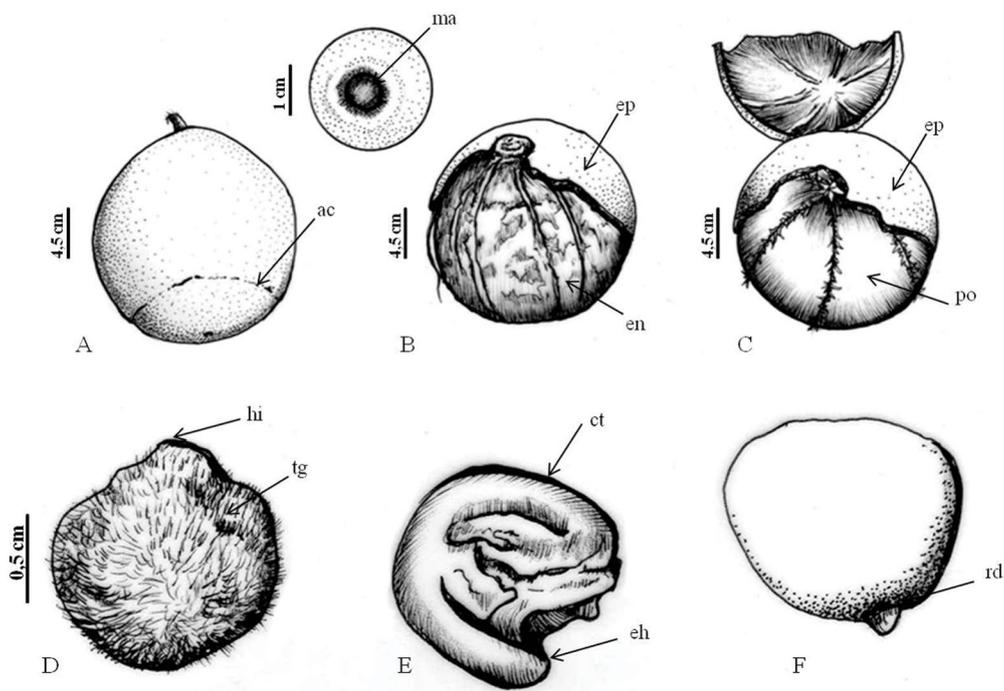


Figura 1. Características morfológicas do fruto e semente de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae): A) fruto fechado mostrando no detalhe o anel calicino (ac) e detalhe mostrando a marca da abscisão (ma) na articulação com o pedúnculo; B) fruto aberto mostrando o epicarpo (externamente) (ep) e o endocarpo (internamente) (en); C) fruto aberto mostrando a polpa (po); D) semente seca; E) semente hidratada, sem tegumento; F) semente 2 dias após a semeadura (DAS), com protrusão da radícula. Legenda: tg – tegumento; ct – cotilédones; eh – eixo hipocótilo-radícula; rd – radícula.

Figure 1. Morphological features of the fruit and seed of *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae): A) closed fruit showing in detail the calicene ring (ac) and detail showing the mark of abscission (ma) in conjunction with the stalk; B) open fruit showing the epicarp (externally) (ep) and endocarp (internally) (en); C) open fruit showing the pulp (po); D) dry seed; E) hydrated seed, without tegument; F) seed 2 days after sowing (DAS) with radicle protrusion. Legend: tg – tegument; ct – cotyledons; eh – hypocotyl-radicle axis; rd – radicle.

O valor médio de sementes por frutos encontrado neste estudo foi de 206 sementes, superior à encontrada por Schöenberg (1983) com média de 187 sementes por fruto (Tabela 1). O peso de mil sementes de *Couroupita guianensis* foi de 153,5 g, o que permite inferir que um quilograma de sementes contém 6.514 sementes (Tabela 2).

3.2 Morfologia e Peso das Sementes

A semente de *Couroupita guianensis* é eurispérmica, albuminosa e monocrômica. Possui uma forma lenticular, achatamento dorso-ventral, hilo semibasal, elíptico e evidente (Figura 1D). O tegumento de consistência coriácea é delgado, tem 0,68 mm de espessura, possui inúmeros tricomas marrons (Figura 1D, E). O embrião é facilmente observado quando a semente está hidratada (Figura 1E), apresentando coloração branca e ocupando uma posição axial, no eixo central da semente.

As dimensões das sementes variam de 11,09 a 15,10 mm de comprimento, 9,45 a 13,23 mm de largura, 4,42 a 6,26 mm de espessura e 0,20 a 0,53 g de massa (Tabela 2).

O embrião é axial, curvo, situado próximo à região hilar, medindo 3,69 mm com eixo hipocótilo-radícula bem definido (Figura 1E), dois cotilédones foliáceos plicados, branco-gelo, medindo 6,99 mm, e eixo hipocótilo-radicular curvo medindo 8,55 mm (Figura 2A, C).

Nas espécies de Lecythidaceae, a variação do embrião está relacionada às estratégias de crescimento e estabelecimento de plântulas, variando entre embriões clorofilados com cotilédones foliáceos, nos gêneros *Couroupita*, *Cariniana* e *Couratari*, e espécies com cotilédones aclorofilados e carnudos, gênero *Gustavia* ou com embriões macropodiais (todas as outras espécies de Lecythidaceae), que utilizam as reservas da semente até que as condições se tornam disponíveis para o crescimento (Tsou e Mori, 2002).

Tabela 2. Biometria de sementes de *Couroupita guianensis* Aubl.

Table 2. Biometry of seeds of *Couroupita guianensis* Aubl.

Medições	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Variação
Comprimento (mm)	13, 201	0, 837	11,09 – 15,10
Largura (mm)	11, 391	0, 720	9,45 – 13,23
Espessura (mm)	5, 455	0, 316	4,42 – 6,26
Massa (g)	0, 397	0, 059	0,20 – 0,53

*Média de 50 sementes.

*Average of 50 seeds.

**Desvio-padrão.

**Standard deviation.

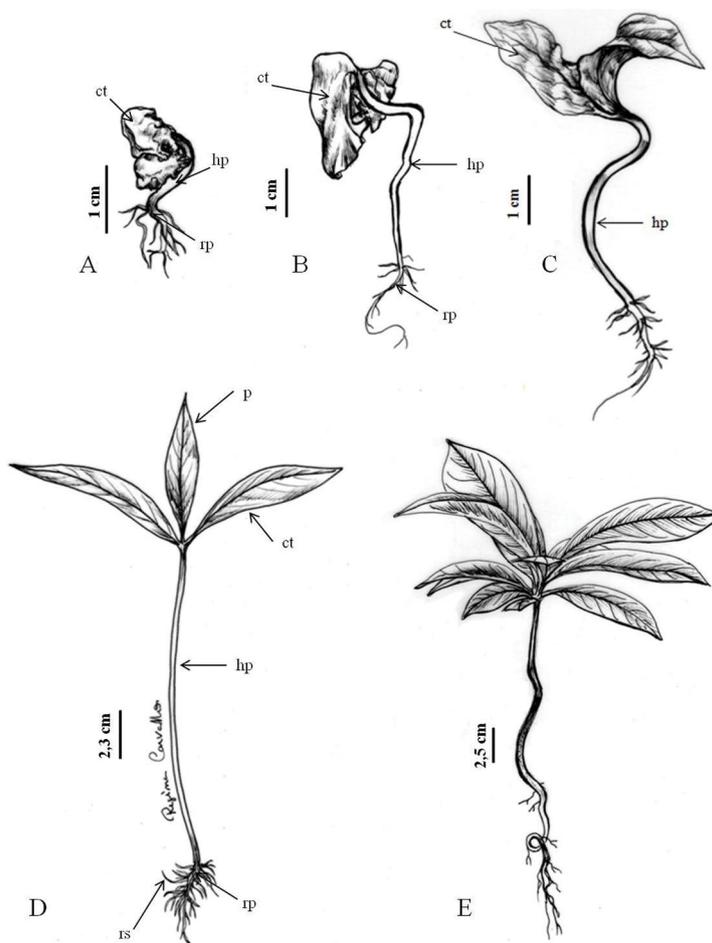


Figura 2. Fases do desenvolvimento da plântula de *Couroupita guianensis* Aubl.: A) desenvolvimento da raiz principal, 23 DAS; B) alongamento da raiz principal e emergência dos cotilédones, 25 DAS; C) desenvolvimento dos cotilédones e hipocótilo, 27 DAS; D) plântula, 30 DAS; E) muda aos 90 DAS. Legenda: ct – cotilédones; hp – hipocótilo; rp – raiz principal; rs – raízes secundárias; p – protófilo.

Figure 2. Phases of seedling development of *Couroupita guianensis* Aubl: A) development of primary roots, 23 DAS; B) elongation of primary roots and emergence of cotyledons, 25 DAS; C) development of cotyledons and hypocotyl, 27 DAS; D) seedling, 30 DAS; E) seedling at 90 DAS. Legend: ct – cotyledons; hp – hypocotyl; rp – taproot; rs – secondary roots; p – protil.

3.3 Aspectos Morfológicos da Germinação e da Plântula

O tempo médio de germinação – TM de *C. guianensis* foi de 2 dias e o índice de velocidade de germinação – IVG foi de 2,174, este valor foi superior ao calculado para sementes de *Cariniana legalis* (1,42) (Margatto e Royer, 2009). Portanto, o processo de germinação é considerado rápido para esta espécie, comparando-se com o de outras espécies da mesma família, como observado para *Gustavia augusta* L., que germina após 14 dias após a sementeira – DAS

(Silva et al., 2014); *Couratari stellata* A. C. Smith, que conclui o processo germinativo com 29 DAS, *Lecythis pisonis*, em 40 a 70 DAS (Oliveira et al., 2002), e *Bertholletia excelsa*, que germina 10 meses após a sementeira (Santos et al., 2006; Reis et al., 1979).

A germinação desta espécie é epígea e fanerocotiledonar, tipo comum de germinação encontrado em outros grupos de Lecythidaceae, como *Cariniana*, *Couratari* e *Planchonia*, e diferente em *B. excelsa*, que é hipógea criptocotiledonar e apresenta cotilédones não distinguíveis (Oliveira et al., 2009).

As características do processo germinativo de *Couroupita guianensis* (epígeo-fanerocotiledonar) e outras espécies da família, como *Cariniana legalis* e *Gustavia augusta*, permitem que as plântulas tenham eficiência na captação de luz e trocas gasosas, requeridas para a fotossíntese em ambientes de luz difusa, como a Floresta Atlântica. Essas características, aliadas às taxas de germinação elevadas e crescimento rápido, tornam essas espécies competitivas para um rápido estabelecimento no hábitat (Rêgo e Possamai, 2001; Kitajima, 2002; Silva et al., 2014).

As plântulas desta espécie apresentam sistema radicular pivotante, hipocótilo cilíndrico, glabro, verde-claro e lustroso. O epicótilo é cilíndrico com tricomas curtos, finos, hialinos, tortuosos e esparsos. O caule jovem é sub-herbáceo e glabro. Os cotilédones são persistentes e possuem nó cotiledonar com estreita dilatação, anular e de contorno arredondado (Figura 2D). As raízes secundárias surgem aos 14 DAS, medindo 26,85 mm e aos 32 DAS possuem 20,98 mm, e o hipocótilo, 28,01 mm. A expansão cotiledonar inicia-se aos 18 DAS e termina aos 28 DAS (Figura 2B, C).

3.4 Aspectos Morfológicos da Planta Jovem

A planta jovem está formada aos 30 DAS. A gema apical caulinar é axilar, globosa, verde-clara e lustrosa. Os protófilos são opostos entre si e aos cotilédones. Aos 70 DAS, as mudas apresentaram uma altura média de 16,7 cm de comprimento. O sistema radicular é abundante e ramificado com raiz axial sinuosa, cilíndrica e fibrosa, medindo de 2,3 a 3,9 mm de comprimento, a superfície é glabra, amarelada com curtas raízes laterais enegrecidas cilíndricas, pouco ramificadas e densas, dispostas heterogeneamente no meio da raiz principal.

3.5 Análise Citoquímica

Os resultados das análises citoquímicas permitiram localizar as substâncias de reserva nas células cotiledonares das sementes de *Couroupita guianensis*. Desse modo, as colorações com azul de toluidina (Figura 3A, B, C) e reação de PAS (Figura 3E) coraram a parede celular devido à presença de pectina, celulose e hemiceluloses (açúcares neutros),

mas não revelaram a presença de material aniônico nos citoplasmas das células cotiledonares e nem presença de amido. A coloração com XP (Figura 3D) revelou grande quantidade de corpos proteicos no citoplasma das células cotiledonares. O conteúdo de proteínas nas sementes desta espécie foi de 19%, segundo Dave et al. (1985), similar ao verificado para *Bertholletia excelsa* com conteúdo proteico total de 16,5% (Neto et al., 2009).

Quanto à presença de amido, na determinação química obteve-se apenas 0,96%, que não foram observados como componentes de reserva das sementes através da citoquímica, provavelmente este último não foi revelado, devido à presença de glóbulos de proteínas impedirem o acesso das substâncias que identificam o amido.

Nas sementes de *Couroupita guianensis*, o principal composto de reserva são os lipídeos, verificados através do uso do corante Sudan IV (Figura 3F), em aproximadamente 32%. Possivelmente, durante a germinação, essa reserva será mobilizada, e a presença de amido pode ser observada, como foi evidenciado em sementes de cártamos, cujo principal composto de reserva também é lipídico (Abud et al., 2010).

Tsou e Mori (2002) constataram a presença de corpos proteicos e grãos de amido nas células do endosperma em pequenas proporções, em relação ao teor de corpos proteicos e lipídicos encontrados nas células dos cotilédones das sementes de *Couroupita guianensis*.

Segundo Cortelazzo et al. (2005), essas reservas lipídicas seriam responsáveis pela vantagem adaptativa em ambientes pouco iluminados, devido ao maior conteúdo energético armazenado. Sugere-se, também, que haja uma seleção compensatória, maior quantidade de energia em menor volume, portanto, as sementes seriam mais leves facilitando sua dispersão (Kitajima, 2002).

Couroupita guianensis é uma espécie considerada oleaginosa, cujo teor de óleo é similar ao registrado para outras espécies da família, como é o caso de *Lecythis pisonis* e *Bertholletia excelsa*, que apresentam 54,80 e 68,58% de lipídeos, respectivamente (Neto et al., 2009; Carvalho et al., 2012).

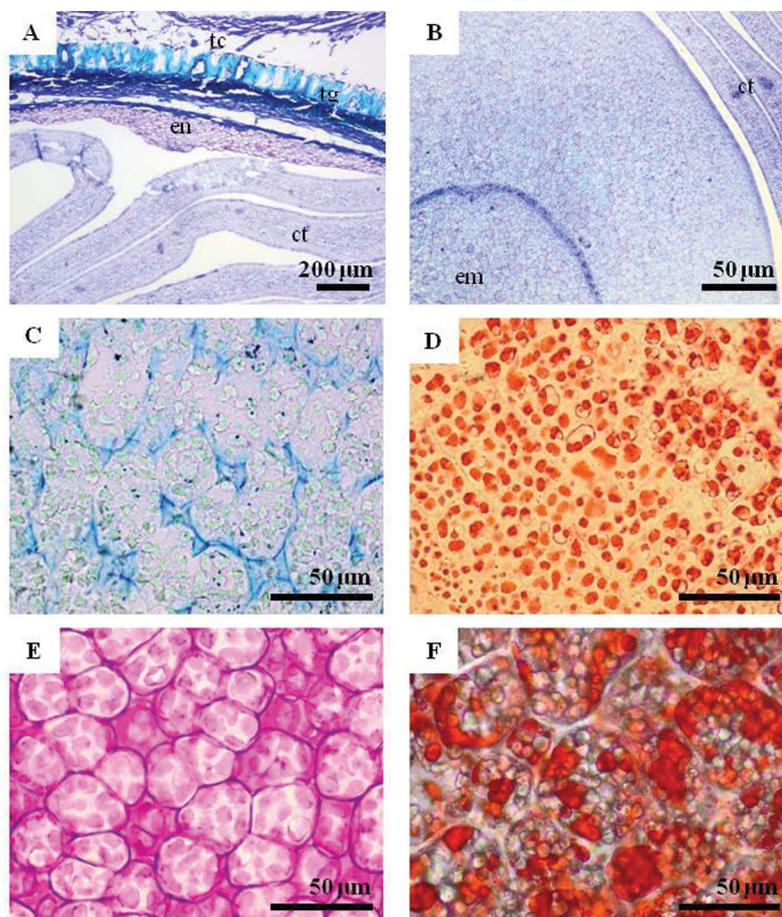


Figura 3. Seções transversais em sementes de *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae) coradas com: A) Azul de Toluidina a pH 4,0, tecido de reserva cotiledonar e tegumento; B) Azul de Toluidina a pH 4,0, tecido de reserva cotiledonar e embrião; C) Azul de Toluidina a pH 4,0, tecido de reserva cotiledonar; D) Xylidine Ponceau a pH 2,5, presença de corpos proteicos no citoplasma das células cotiledonares; E) reação do Ácido Periódico de Schiff – PAS evidenciando polissacarídeos neutros; F) Sudam IV evidenciando a presença de lipídeos no citoplasma das células cotiledonares. Legenda: tc – tricomas; tg – tegumento; en – endosperma; ct – cotilédones; em – embrião.

Figure 3. Transversal cuts in seeds of *Couroupita guianensis* Aubl. (Lecythidaceae) stained with: A) Toluidine blue at pH 4.0, cotyledon reserve tissue and tegument; B) Toluidine blue at pH 4.0, cotyledon reserve tissue and embryo; C) Toluidine blue at pH 4.0, cotyledon reserve tissue; D) Xylidine Ponceau at pH 2.5, presence of protein bodies in the cytoplasm of cotyledon cells; E) reaction of periodic acid-Schiff – PAS demonstrating neutral polysaccharides; F) Sudam IV indicating the presence of lipids in the cytoplasm of cotyledon cells. Legend: tc – trichomes; tg – tegument; en – endosperm; ct – cotyledons; em – embryo.

4 CONCLUSÕES

Couroupita guianensis apresenta frutos do tipo drupisarcídio com grande variação no número de sementes por fruto (85 a 390 sementes). A largura, a espessura e a massa das sementes também são bastante variáveis.

A germinação é do tipo epígea e ocorre no período médio de 2 DAS. As plântulas são faneroepígeo-foliares – PEF, com emergência reta e em 30 dias apresentam todas as estruturas formadas.

As sementes de *C. guianensis* armazenam principalmente lipídios e proteínas nas células do endosperma e cotilédones.

O processo germinativo, considerado rápido, bem como a presença de alto teor de reservas lipídicas das sementes dessa espécie, podem representar uma vantagem adaptativa aos ambientes pouco iluminados, permitindo o estabelecimento e sucesso reprodutivo dessa espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, H.F. et al. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.
- AL-DHABI, N.A. et al. Antimicrobial, antimycobacterial and antibiofilm properties of *Couroupita guianensis* Aubl. fruit extract. **Complementary and Alternative Medicine**, v. 12, n. 3, p. 242-248, 2012.
- BARROSO, G.M. et al. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 443 p.
- BRAGA, L.F. et al. Caracterização morfométrica de sementes de castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess – Lecythidaceae). **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 5, p. 111-116, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395 p.
- CAMARGO, IP.; CASTRO, E.M.; GAVILANES, M.L. Aspecto da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-Brasil. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 11-18, 2000.
- CARVALHO, I.M.M. et al. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da zona da mata mineira. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 971-977, 2012.
- CORTELAZZO, A.L.; COUTINHO, J.; GRANJEIRO, P.A. Storage and ageing of french beans (*Phaseolus vulgaris* L.): effect on seed viability and vigor. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, v. 22, n. 2, p. 121-128, 2005.
- CUNHA, R. et al. Secagem, desinfestação e germinação de sementes de *Couroupita guianensis* Aub. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 12, n. 2, p. 74-79, 2006.
- DAVE, G.R.; PATEL, R.M.; PATEL, R.J. Characteristics and composition of seeds and oil of *Couroupita guianensis* Aubl. from Gujarat, India. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 87, n. 2, p. 111-112, 1985.
- _____; _____.; PATEL, R.J. Characteristics and composition of seeds and oils of *Couroupita guianensis* Aubl. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 87, n. 3, p. 111-112, 2006.
- DUKE, J.A.; POLHILL, R.M. Seedlings of Leguminosae. In: R.M. POLHILL, R.M.; RAVEN, P.H. (Ed.). **Advances in legume systematic**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1981. p. 941-949.
- ELUMALAI, A.; CHINNA, E.M.; DIDALA, A. Investigations on anti-oxidant, anti-arthritic and antiplatelet studies in *Couroupita guianensis* Aubl. leaves by in vitro methods. **Pharma Science**, v. 3, n. 4, p. 2262-2269, 2012.
- GARWOOD, N.C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M.D. (Ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Parthenon Publishing, 1996. p. 59-129.
- GERLACH, D. **Botanische Microtechnik**. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1984. 311 p.
- GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. **Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares**. Nova Odessa: Plantarum, 2007. 416 p.
- GURGEL, E.S.C. **Morfologia de frutos, sementes, germinação e plântulas de leguminosas presentes em uma vegetação de mata secundária na Amazônia Central**. 2000. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- KARNOVISKY, M.J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, p. 137-138, 1965.
- KITAJIMA, K. Do shade-tolerant tropical tree seedlings depend longer on seed reserves? Functional growth analysis of three Bignoniaceae species. **Functional Ecology**, v. 16, n. 2, p. 433-444, 2002.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 342 p

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p.176-177, 1962.

MAIA, V. **Técnica histológica**. São Paulo: Atheneu, 1979. 246 p.

MARGATTO, R.A.K.; ROYER, R.M. Germinação da semente e desenvolvimento inicial de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae) submetida a diferentes substratos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 4, p. 101-113, 2009.

MORI, S.A.; PRANCE, G.T. Relações entre a classificação genérica de Lecythidaceae do Novo Mundo e seus polinizadores e dispersadores. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 31-37, 1981.

_____. et al. Evolution of Lecythidaceae: information from combined ndhF and trnL-F sequence data. **American Journal of Botany**, v. 94, p. 289-301, 2007.

_____. et al. **The Lecythidaceae pages**. New York: The New York Botanical Garden, 2010. Disponível em: <<http://sweetgum.nybg.org/lp/index.php>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

NETO, V.Q. et al. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) seed kernel oil: characterization and thermal stability. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 123-133, 2009.

OLIVEIRA, A.C.C.; BRAGA, L.F.; SOUZA, M.P. Biometrics and post-seminal development of *Couratari macrosperma* A.C. Smith (Lecythidaceae) seeds. **Alta Floresta**, v. 2, n. 4, p. 82-88, 2002.

OLIVEIRA, J.P.C. et al. Chemical constituents of *Lecythis pisonis* and cytotoxic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 5, p. 1140-1144, 2009.

REGINA, V.; UMA RAJAN, K.M. Phytochemical analysis, antioxidant and antimicrobial studies of fruit rind of *Couroupita guianensis* (Aubl). **International Journal of Current Science**, v. 2, p. 262-267, 2012.

RÊGO, C.M.; POSSAMAI, E. **Recomposição florestal cultivado do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*)**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular técnica, 25).

REIS, G.S. et al. Calibração do teste de tetrazólio em sementes de castanha do Brasil. **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 17, p. 9, 1979.

RODRIGUES, R.M. A flora da Amazônia. Belém: CEJUP, 1989. p. 64-65.

SANTOS, J.U.M. et al. *Bertholletia excelsa* Humboldt and Bonpland (Lecythidaceae): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Série Ciências Naturais**, v. 1, n. 4, p. 103-112, 2006.

SCHÖENBERG, M.M. Carpologia de *Couroupita guianensis* Aublet. (Lecythidaceae): morfologia e classificação. **Acta Biológica Paranaense**, v. 12, n. 6, p. 43-77, 1983.

_____. et al. Characterization of germination and morphology of fruits, seeds and seedlings of *Gustavia augusta* L. (Lecythidaceae). **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 746-751, 2014.

TSOU, C.H. The embryology, reproductive morphology, and systematics of Lecythidaceae. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v. 7, p. 11-110, 1994.

SILVA, R.M. da et al. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *C. guianensis*

TSOU, C.H.; MORI, S.A. Seed coat anatomy and its relationship to seed dispersal in subfamily Lecythidoideae of the Lecythidaceae (the Brazil nut family). **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 43, n. 3, p. 37-56, 2002.

VIDAL, B.C. Dichroism in collagen bundles stained with xylidine Ponceau 2R. **Annalytical Histochemistry**, v. 15, n. 4, p. 289-296, 1970.

**BASIC SPECIFIC GRAVITY AND ANATOMY OF *Peltophorum dubium* WOOD
AS A FUNCTION OF PROVENANCE AND RADIAL POSITION¹**

**DENSIDADE APARENTE E ANATOMIA DA MADEIRA DE *Peltophorum dubium*
EM FUNÇÃO DA PROCEDÊNCIA E POSIÇÃO RADIAL**

Israel Luiz de LIMA²; Eduardo Luiz LONGUI^{2, 3};
Cintya CERATO²; Miguel Luiz Menezes FREITAS²;
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM²; Antonio Carlos Scatena ZANATTO²

ABSTRACT – We studied the wood of *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Fabaceae), popularly known in Brazil as canafistula, from two seed provenances with different climates. The trees were planted in a third place and cut when 28 years old. Based on differences in seed origins, we hypothesized that some differences would be observed in wood density and anatomical features between provenances and that the radial variation pattern would also differ. However, we did not observe any differences in basic specific gravity or anatomical features between the provenances, which may partly be explained by the conservative nature of wood compared with the external characteristics more susceptible to environmental stresses. In fact, based on the literature and our previous findings, radial variation in *P. dubium* was similar to that found in many native species, including, for example, increase in basic specific gravity, length and wall thickness of the fibers, increase in vessel diameter and decrease in vessel frequency toward the bark. Based on our results, it can be concluded that *P. dubium* has high plant adaptability in different locations and that consistency in the quality of its wood can be maintained between provenances, with concomitant implications for both production and use.

Keywords: canafistula, genetic conservation; pith-bark variation; tropical woods; wood anatomy; wood density; wood quality.

RESUMO – Estudamos a madeira de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Fabaceae), popularmente conhecida no Brasil como canafistula, a partir de duas procedências de sementes com diferentes climas. As árvores foram plantadas em um terceiro lugar e cortadas aos 28 anos. Com base nas diferentes origens das sementes, hipotetizamos que diferenças seriam observadas na densidade aparente e características anatômicas da madeira entre as procedências e que o padrão de variação radial também diferisse. No entanto, não foram observadas quaisquer diferenças na densidade aparente ou nas características anatômicas entre as procedências, o que pode em parte ser explicado pela natureza conservativa da madeira em comparação com as características externas mais sensíveis a estresses ambientais, como as folhas. Com base na literatura e em nossos resultados anteriores, a variação radial em *P. dubium* foi semelhante à encontrada em muitas espécies nativas, incluindo, por exemplo, aumento na densidade aparente, comprimento e espessura da parede das fibras, aumento no diâmetro e diminuição na frequência de vasos na direção da casca. Concluímos que *P. dubium* tem alta adaptabilidade em diferentes locais e que a consistência na qualidade de sua madeira pode ser mantida entre procedências, com implicações concomitantes, tanto para produção quanto para a utilização.

Palavras-chave: canafistula, conservação genética; variação medula-casca; madeiras tropicais; anatomia da madeira; densidade da madeira; qualidade da madeira.

¹Received for analysis on 08.12.14. Accepted for publication on 03.03.15. Published on-line on 23.06.15.

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

³Corresponding author: Eduardo Luiz Longui – edulongui@gmail.com

1 INTRODUCTION

To expand the Brazilian forest sector, it is necessary a better understand of the quantity and quality of potential wood-producing forest species. Native species experiments with the effect of provenances on progenies, base population tests and seed orchards with saplings of various species are used for *ex situ* conservation and can provide results related to the development of planting strategies, as well as materials for studies on wood quality (Siqueira et al., 2000). These experiments may also provide the basis for future production of seeds not inbred. The results may contribute to 1) genetic conservation through progeny tests, indicative of the potential for conservation of germplasm banks (*ex situ*), 2) seeds planning and production for environmental restoration of degraded areas and 3) knowledge about wood quality among provenances.

Peltophorum dubium is a species with the potential for this type of research, it is native, not endemic species in Brazil, with geographical distribution in the Northeast (Bahia, Paraíba, Pernambuco, Sergipe), Midwest (Federal District, Mato Grosso do Sul), Southeast (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), South (Paraná, Santa Catarina), on Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal (Lewis 2014). According to Carvalho (2003), *P. dubium*, popularly known as “canafistula”, is a promising species for wood production because it presents an average annual increment at about $19.60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$, with acceptable silvicultural performance, and it is recommended for pure or mixed stands. *P. dubium* wood has specific gravity (15%) between 0.69 and $0.90 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and basic density between 0.53 and $0.65 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. The sapwood is pinkish-clear and slightly yellowish, and the heartwood is pinkish-brown to pinkish-beige-dark. The wood is prone to warping during drying, but it is long-lasting when in dry places with moderate resistance to decay (Mainieri and Chimelo, 1989; Lorenzi, 2002; Carvalho, 2003; Paula and Alves, 2007). *P. dubium* wood is not widely used in Brazil, but it could, for example, be used in construction,

carpentry, cooperage, car bodies, railway sleepers or paper production (Lorenzi, 2002; Paula and Alves, 2007).

According to Panshin and Zeeuw (1964), the variation in wood characteristics from pith to bark can decrease or increase its properties. This variability is based on the differences between juvenile and mature wood. Juvenile wood is characterized by a gradual change in cell features and wood properties, whereas mature wood has greater homogeneity. According to Lachenbruch et al. (2010), in trees, wood located in the pith is commonly called juvenile wood based on the young age of cambium at the time of formation; then a transition period occurs before mature wood is formed. It is not precisely known when juvenile wood stops producing and mature wood starts. However, during the gradual radial variation from pith to bark, wood properties are stabilized and can decrease in some portions (Bendtsen and Senft, 1986). The main bases of comparison between juvenile and mature wood involve variations in anatomical features, as well as physicomechanical and chemical properties toward the bark. In particular, some of these anatomical wood features include fiber length, microfibril angle, cell-type proportions, cell diameter, and wall thickness. In our study we evaluated the fiber length, fiber wall thickness, vessel element length, vessel diameter and vessel frequency prepared by macerated wood, and transverse and longitudinal sections, since these characteristics can give us parameters for wood quality. Other properties, such as wood density, mechanical resistance, dimensional stability and response to humidity, result from anatomical changes and chemicals content (Silva, 2000).

Thus, our goal was to study radial variation in the context of density and anatomy in *Peltophorum dubium* planted in a third place far from the seed provenances and with different climates. Based on differences in seed origins, we hypothesized that some differences would be observed in wood density and anatomical features between provenances and that the radial variation pattern would also differ.

2 MATERIALS AND METHODS

In 1982, the São Paulo Forest Institute in Brazil implemented a germplasm bank of *Peltophorum dubium* at the Luiz Antônio Experimental Station, Luiz Antônio City, São Paulo, to *ex-situ* conservation of some populations of this species (Gurgel-Garrido et al., 1997). The planting was located at latitude 21°40'S, longitude 47°49'W, and at an altitude of 550 m. The average annual rainfall in this location is 1,365 mm, with sandy textured soils characterized by the formation of oxisols. The climate is Cwa in accordance with the Köppen system (Ventura et al., 1965/1966).

The location of the two seed collecting areas and the study area may be viewed in Figure 1.

Alvorada do Sul – AS municipality, Paraná state with average annual precipitation = 1,295 mm, average annual temperature = 22.2 °C and Bauru – BA municipality, São Paulo state with average annual precipitation = 1,209 mm, average annual temperature = 21.1 °C (Climate-Data.Org, 2015). The experimental design was randomized with two parcels, one for each seed origin at a spacing of 3 x 2 m (Figure 2) (Gurgel-Garrido et al., 1997). Five tree samples were selected from each provenance (Table 1), and from each tree, we collected a disc having a thickness of 7 cm in diameter at breast height – DBH of 1.30 m from the soil. From each disc, we used a band saw to cut a strip for anatomy (2 x 2 x 2 cm) and basic specific gravity analysis (2 x 2 x 3 cm) from pith to bark - 0, 33, 66, 100% (Figure 3).



Figure 1. Location of two seed collection areas, Alvorada do Sul – AS and Bauru – BA and the study area, Luiz Antônio – LA, in São Paulo state, Brazil.

Figura 1. Localização das áreas de coleta de sementes, Alvorada do Sul – AS e Bauru – BA, e a área de estudo, Luiz Antônio – LA, no Estado de São Paulo, Brasil.



Figure 2. Overview of the *P. dubium* planting in Luiz Antônio Experimental Station, Luiz Antônio City, São Paulo. (a) trees stems (b) trees canopies.

Figura 2. Visão geral do plantio de *P. dubium* na Estação Experimental de Luiz Antônio, São Paulo. (a) troncos de árvores (b) copas das árvores.

Table 1. Dendrometric data of 28-year-old *Peltophorum dubium* trees according to the provenance.

Tabela 1. Dados dendrométricos das árvores de *Peltophorum dubium* de acordo com a procedência.

Alvorada do Sul			Bauru		
Tree	Height (m)	DBH (cm)	Tree	Height (m)	DBH (cm)
1	17.0	18.0	1	18.5	16.0
2	16.0	17.5	2	15.8	18.0
3	12.6	14.0	3	16.8	17.5
4	14.7	18.0	4	15.3	17.0
5	14.6	18.0	5	14.3	15.0
Mean	15	17.1	Mean	16.1	16.7

DBH = diameter at breast height.

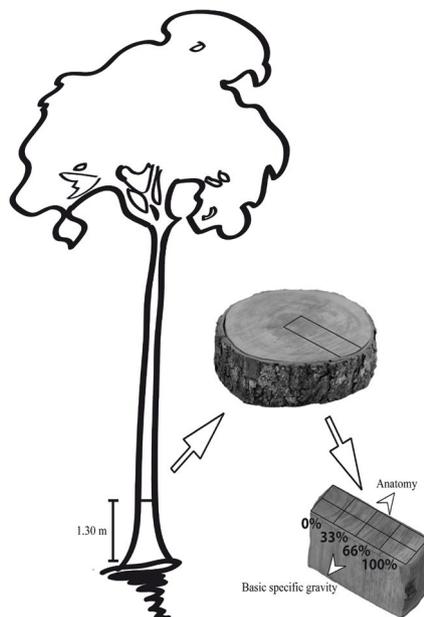


Figure 3. Sampling for wood anatomy and basic specific gravity.

Figura 3. Amostragem para anatomia da madeira e densidade básica.

For basic specific gravity was determination, samples of 2 x 2 x 3 cm were saturated by treatment with a vacuum system for 48 h to obtain green volume of wood. In sequence, the samples were dried in a laboratory kiln to determine the oven-dried mass at 102 ± 3 °C (Glass and Zelinka, 2010). For calculation, we used the following expression:

$$BSG = \frac{P_s}{P_u - P_i},$$

where BSG is basic specific gravity (g cm^{-3}), P_s is dry mass (g), P_u is saturated mass (g), and P_i is immersed mass (g).

We cut small pieces from the sample sides and prepared macerations according to the modified Franklin method (Berlyn and Miksche, 1976). Then, samples were boiled in water, glycerin and alcohol (4:1:1) and transverse and tangential longitudinal sections (16-20 μm in thickness) were obtained with a sliding microtome. Sections were stained with a 1% solution of safranin and mounted in a solution of water and glycerin (1:1) on slides (Johansen, 1940). The terminology and characterization of wood followed the IAWA list (IAWA Committee, 1989).

All anatomical measurements were obtained from a microscope (Olympus CX 31) equipped with a camera (Olympus Evolt E330) and a computer with image analyzer software (Image-Pro 6.3). We determine the fiber length, fiber wall thickness, vessel element length, vessel diameter and vessel frequency.

Statistical tests were performed using SAS ® software for Windows (SAS, 1999). We performed the analysis of variance (F test) according to a completely randomized design, adopting the 2 x 4 factorial (provenances x radial position). When a significant difference was observed, we employed the Tukey test at ($p < 0.05$). We also used linear regression to show relationships between anatomical features, basic specific gravity and radial positions. Results with $p < 0.05$ were considered significant.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Between provenances, we found no significant differences among the studied variables. Only vessel element length – VEL was found to be significantly different among the radial positions (Table 2). By F test, we observed no significant interaction between provenance and radial position.

Table 2. Analysis of variance of basic specific gravity – BSG, fiber length – FL, fiber wall thickness – FWT, vessel element length – VEL; vessel diameter – VD and vessel frequency – VF of 28-year-old *Peltophorum dubium*.

Tabela 2. Análise de variância da densidade básica – BSG, comprimento da fibra – FL, espessura da parede da fibra – FWT, comprimento do elemento de vaso – VEL, diâmetro do vaso – VD e frequência do vaso – VF de *Peltophorum dubium* aos 28 anos de idade.

Causes of variation	GL	Mean squares					
		BSG (g.cm ⁻³)	FL (µm)	FWT (µm)	VEL (µm)	VD (µm)	VF (vessels. mm ⁻²)
Provenance (P)	1	0.0024 ^{n.s.}	4778 ^{n.s.}	0.0093 ^{n.s.}	48.75 ^{n.s.}	19.20 ^{n.s.}	0.27 ^{n.s.}
Radial position (RP)	3	0.0112*	43872**	2.29**	670 ^{n.s.}	2782**	3.79**
(P) x (RP)	3	0.0024 ^{n.s.}	1321 ^{n.s.}	0.2368 ^{n.s.}	271 ^{n.s.}	32.18 ^{n.s.}	0.85 ^{n.s.}
Residual	32	0.0034	6301	0.3517	1324	182	0.59
Mean		0.46	854	3.81	357	139	3.89
CV (%)		12.56	9.28	15.58	10.19	9.71	19.71

n.s. not significant, * at the 5% significance level, ** at the 1% significance level and CV, coefficient of variation.

P. dubium presented an average value of 0.46 g.cm⁻³ for basic specific gravity (Table 2), which is lower than the value reported by Silva et al. (1983), from 0.53 to 0.65 g.cm⁻³, and Vivian et al. (2010), who described BSG of 0.65 g.cm⁻³ in 10-year-old *P. dubium*. The difference in findings in these studies may be the result of differences in the age of the wood studied because wood density is influenced by the tree's age (Richter, 2015). Based on samples taken from natural forests, this influence was highlighted in *P. dubium* by Paula (1983; 1985) who found specific gravity of 0.51 g.cm⁻³ for young trees and 0.75 g.cm⁻³ for mature trees. Differences could also be explained by growing conditions because the trees we investigated derived from homogeneous planting, while those reported in the literature derived from natural growth conditions. We emphasize that Paula (1985) reported specific gravity of 0.51 g.cm⁻³ for young trees, which is roughly the same value we found in wood next to the bark (0.50 g.cm⁻³) of wood formed at 28 years of age, and, in our opinion, this is already mature wood. Thus, we suggest that planting conditions influenced basic specific gravity. This result is not the same for other native species. For example: Marques et al. (2012) found the same wood density values when native forest wood was compared with reforestation wood from 30-year-old *Caesalpinia echinata*.

Furthermore, density depends on anatomical features, which also vary with age (Panshin and Zeeuw, 1964). Our group has studied other Brazilian native species planted in Luiz Antônio, and we also observed anatomical variations influencing variations in wood density with age (e.g., Lima et al. (2011a) and Lima et al. (2011b) in *Balfourodendron riedelianum* and *Cariniana legalis*, respectively, and Longui et al. (2011) in *Gallesia integrifolia* and Longui et al. (unpublished data) in *Myracrodruon urundeuva*). The average values of anatomical features also varied when compared to the study of Paula (1983) who found fiber to be 978 µm in length, wall thickness of 4.62 µm, vessels 169 µm in diameter, 4 vessels. mm⁻², slightly higher values than those found in our study (Table 2), which is, again, possibly related to the age difference of the trees.

To calculate the average values of radial position, we used the data set related to BA + AS samples (see Table 2). Basic specific gravity from AS provenance does not significantly differ from that of BA provenance (Figure 4a). Similarly, fiber features (Figure 4b-c) and vessel features (Figure 5a-c) were not influenced by seed provenance. Different results were obtained by Lima et al. (2011b) for *Cariniana legalis*, Lima et al. (2011a) for *Balfourodendron riedelianum* and Longui et al. (2011) for *Gallesia integrifolia*, where provenance did influence wood density and anatomical features.

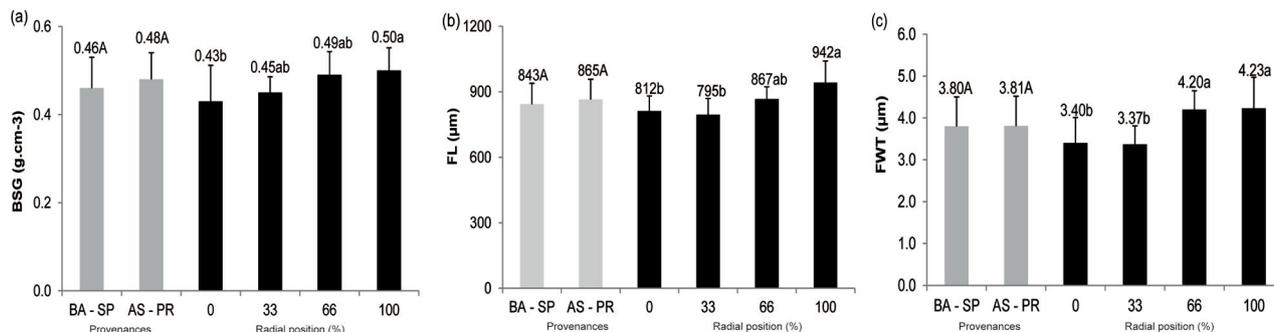


Figure 4. Means of (a) basic specific gravity – BSG (b) fiber length – FL and (c) fiber wall thickness – FWT of 28-year-old *Peltophorum dubium* (between provenances in gray, and as a function of radial position in black). Standard deviations and means followed by different letters differ at ($p < 0.05$).

Figure 4. Médias da (a) densidade básica – BSG (b) comprimento da fibra – FL e (c) espessura da parede da fibra – FWT de *Peltophorum dubium* (entre procedências em cinza e em função da posição radial em preto). Desvios-padrão e médias seguidas por letras distintas diferem em ($p < 0,05$).

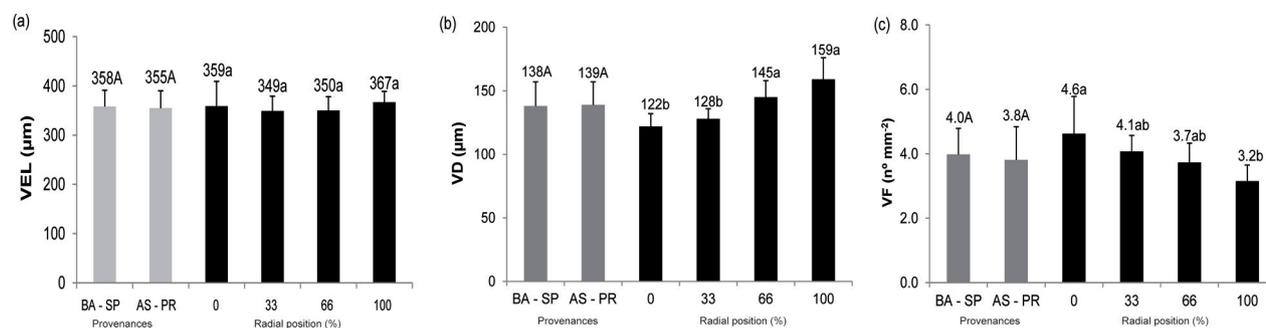


Figure 5. Means of (a) vessel element length – VEL (b) vessel diameter – VD and (c) vessel frequency – VF of 28-year-old *Peltophorum dubium* (between provenances in gray, and as a function of radial position in black). Standard deviations and means followed by different letters differ at ($p < 0.05$).

Figure 5. Médias do (a) comprimento do elemento de vaso – VEL (b) diâmetro do vaso – VD e (c) frequência do vaso – VF de *Peltophorum dubium* (entre procedências em cinza em função da posição radial em preto). Desvios-padrão e médias seguidas por letras distintas diferem em ($p < 0,05$).

In the radial direction, basic specific gravity and fiber length showed a gradual increase toward the bark, and fiber wall thickness increased from 33% to 66% radial position and remained the same in the bark (Figure 4a-c). The same pattern of basic specific gravity radial increase was noted in both provenances despite differences in height and DBH, which can be attributed to trees having the same age. Williamson and Wiemann (2011) studied specific gravity radial variation in 30 trees from 12 species, all native tropical angiosperms trees from natural forest, and concluded that radial increases in specific gravity are dependent on tree age, not tree size. According to Panshin and Zeeuw (1964), the increase in wood density toward the bark results from juvenile wood formation in the early years and subsequent increase of mature wood, over time, near the bark. This variation results from wood produced by a cambium at one height that increases in age with each growth ring (Gartner, 1995).

The variation in density toward the bark is also quite common in Brazilian native woods, and we have observed this phenomenon in all of our studies (Lima et al., 2011a; Lima et al., 2011b; Longui et al., 2011). Hietz et al. (2013) reported hundreds of species in Panamanian and Ecuadorian

forests and noted that the wood density was negatively related to tree growth and mortality and that wood density tended to increase towards the bark on trees with low initial density and decrease in the direction of the bark on trees with high initial density. The authors suggest that these variations occur in response to the mechanical requirements during ontogeny.

Vessel element length did not change toward the bark (Figure 5a), while vessel diameter increased and vessel frequency decreased in the same direction (Figure 5b-c e Figure 6a-b). This result was also verified by regression (linear) analysis (Figure 7a-b). We observed the same pattern with two other native Brazilian trees, *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011) and *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011). Similar results were found for many species (Gartner, 1995; Baas et al., 2004). Christensen-Dalsgaard et al. (2008) studied vessel radial variation in buttressed tree root systems and concluded that the anatomical radial patterns do not occur simply by cambial aging; instead, they result from local mechanical requirements. Similarly, we understand that radial anatomical variations of vessels provide a tradeoff between water transport and mechanical support.

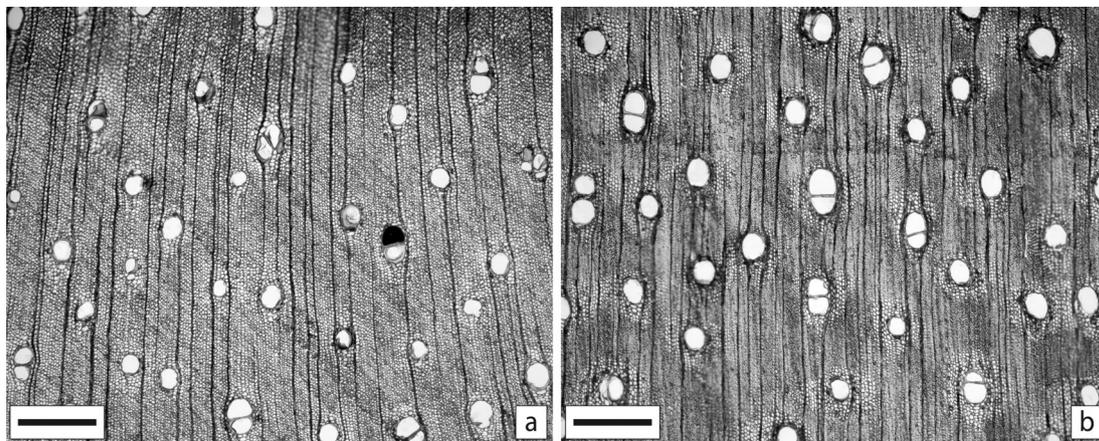


Figure 6. Photomicrographs of *Peltophorum dubium* wood. (a) transverse section of the pith region (0%) (b) transverse section of the bark region (100%). Scale bar = 500 µm.

Figura 6. Fotomicrografias da madeira de *Peltophorum dubium* wood. (a) seção transversal da região da medula (0%) (b) seção transversal da região da casca (100%). Barra de escala = 500 µm.

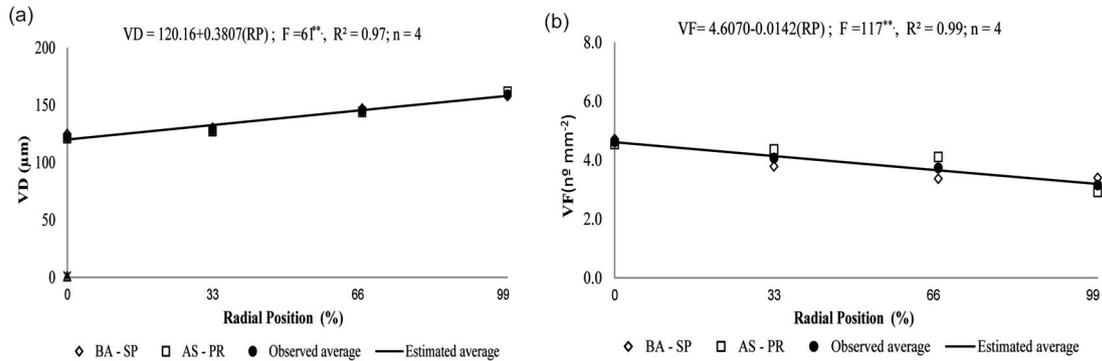


Figure 7. Relationship between vessel features as a function of radial position of 28-year-old *Peltophorum dubium*. (a) vessel diameter – VD (b) vessel frequency – FV.

Figura 7. Correlações entre características dos vasos em função da posição radial de *Peltophorum dubium* aos 28 anos de idade. (a) diâmetro do vaso – VD (b) frequência do vaso – FV.

As the wood anatomy is more conservative than the morphological characteristics, *e.g.*, leaves, flowers, fruits, which are subject to greater selective pressure, variations in the wood are less clearly expressed than the external characteristics. Thus, we hypothesized that trees with different seed provenances to grow in the same place, maintain the wood structure from genetic information by the climatic conditions of origin place, despite new environmental requirements.

4 CONCLUSIONS

We did not observe changes in the basic specific gravity or anatomical features between the provenances, which may partly be explained by the conservative nature of wood compared with the external characteristics more susceptible to environmental stresses. Radial variation was similar to many native species that our group and others have studied, *e.g.*, increase in basic specific gravity, fibers length and wall thickness and vessel diameter and decrease in vessel frequency toward the bark. Based on our results, it can be concluded that *P. dubium* trees from this study has high plant adaptability in different locations and that consistency in the quality of its wood can be maintained between provenances, with concomitant implications for both production and use.

5 ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to the National Council for Scientific and Technological Development – CNPq for a grant to Cintya Cerato, and we are especially grateful to Sonia Godoy Campião and Diego Romeiro for laboratory assistance.

REFERENCES

- BAAS, P. et al. Evolution of xylem physiology. In: POOLE, I.; HEMSLEY, A. (Ed.). **Evolution of plant physiology**. London: Elsevier Academic Press, 2004. p. 273-295. (Linnean Society Symposium Series).
- BENDTSEN, B.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern Cottonwood and Loblolly Pine. **Wood and Fiber Science**, v. 18, p. 21-38, 1986.
- BERLYN, G.P.; MIKSCHE, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: The Iowa University Press, 1976. 326 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: Embrapa Floresta, 2003. 627 p.

CHRISTENSEN-DALSGAARD, K.K.; ENNOS, A.R.; FOURNIER, M. Are radial changes in vascular anatomy mechanically induced or an ageing process? Evidence from observations on buttressed tree root systems. **Trees**, v. 22, p. 543-550, 2008.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Available at: <<http://pt.climate-data.org/location/313031/>>. Access on: Mar. 27, 2015.

GARTNER B.L. Patterns of xylem variation within a tree and their hydraulic and mechanical consequences. In: GARTNER, B.L. (Ed.). **Plant stems: physiology and functional morphology**. San Diego: Academic Press, 1995. p. 125-149.

GLASS, S.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS, R. (Ed.). **Wood handbook – wood as an engineering material**. 100th ed. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 508 p. (General Technical Report FPL-GTR-190).

GURGEL-GARRIDO, L.M.A. et al. Programa de Melhoramento Genético Florestal do Instituto Florestal. **IF Série Registros**, n. 18, p. 1-53, 1997.

HIETZ, P.; VALENCIA, R.S.; WRIGHT, J. Strong radial variation in wood density follows a uniform pattern in two neotropical rain forests. **Functional Ecology**, v. 27, p. 684-692, 2013.

IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, p. 221-259, 1989.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechniques**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

LACHENBRUCH, B.; JOHNSON, G.R.; EVANS, R. Relationships of density, microfibril angle, and sound velocity with stiffness and strength in mature wood of Douglas-fir. **Can. J. For.**, v. 40, p. 55-64, 2010.

LEWIS, G.P. *Peltophorum*. In: LISTA de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83567>>. Access on: Feb. 28, 2014.

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, p. 217-230, 2011a.

_____. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze em função da procedência. **Cerne**, v. 17, p. 517-524, 2011b.

LONGUI, E.L. et al. Seed provenance influences the wood structure of *Gallesia integrifolia*. **IAWA Journal**, v. 32, p. 361-374, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras - manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 368 p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 418 p.

MARQUES, S.S. et al. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* LAM.) nativa e de reflorestamento. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 373-80, 2012.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. New York: McGraw-Hill, 1964. 705 p.

PAULA, J.E. Madeiras da Caatinga úteis para produção de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 153-165, 1983.

_____. Estudo de madeiras indígenas, visando seu aproveitamento na geração de energia. **CNP-Atualidades**, v. 92, p. 13-23, 1985.

_____.; ALVES, J.L. de H. **Madeiras nativas**. Brasília, DF: MOA, 2007. 541 p.

RICHTER, C. **Wood characteristics: description, causes, prevention, impact on use and technological adaptation**. Cham: Springer International Publishing Switzerland, 2015. 222 p.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

LIMA, I.L. de et al. Wood features of *Peltophorum dubium*

SILVA, J.C. Características da madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**, v. 52, p. 30-8, 2000.

SILVA, L.B.X.; REICHMANN NETO, F.; TOMASELLI, I. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. **Silvicultura**, v. 28, p. 872-878, 1983.

SIQUEIRA, A.C.M.F. et al. Variação genética entre e dentro de populações de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler para conservação *ex situ*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 12, p. 89-103, 2000.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M.A.M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 4, p. 57-140, 1965/1966.

VIVIAN, M.A. et al. Resistência da madeira de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) Ao psf e a umidade de equilíbrio. **Ciência da Madeira**, v. 1, p. 11-24, 2010.

WILLIAMSON, G.B.; WIEMANN, M.C. Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics. **Trees**, v. 25, p. 585-591, 2011.

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE *Pinus caribea* var. *hondurensis*
AOS 21 ANOS DE IDADE¹**

**GENETIC VARIABILITY IN PROGENIES OF *Pinus caribaea* var. *hondurensis*
AT 21 YEARS OF AGE**

Hugo Rodrigo MACEDO²; Miguel Luiz Menezes FREITAS^{3,4};
Osmar Vilas BOAS³; Alexandre Magno SEBBENN³

RESUMO – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma das espécies do gênero *Pinus* mais plantadas nas regiões tropicais por apresentar ótima adaptação às condições de solo e clima, ter rápido crescimento, boa forma do tronco e madeira de boa qualidade. A espécie é utilizada principalmente para serraria e produção de celulose e papel. O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento em um teste de progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Assis, Estado de São Paulo. O teste foi instalado em maio de 1987, na Floresta Estadual de Assis, no delineamento experimental látice triplo 4 x 5, com 17 tratamentos (16 progênies e uma testemunha experimental), quatro repetições e parcelas de dez plantas em linha, no espaçamento de 3 x 3 m. Foram medidos os caracteres altura total de plantas – ALT e o diâmetro à altura do peito – DAP aos 21 anos de idade. A análise de variância detectou diferenças significativas a 5% de probabilidade entre progênies para a variável altura. O coeficiente de variação genético para altura de plantas foi de 18,4%, e 9,2% para o DAP. A estimativa do coeficiente de herdabilidade para a média de progênies foi de 0,30 para a altura e 0,02 para o DAP, maiores do que as obtidas para herdabilidade dentro de progênies e em nível de plantas individuais. Para estabelecer um pomar de sementes por mudas, sugere-se adotar o caráter altura e uma intensidade de seleção de 6%, o que corresponde a selecionar os 32 melhores indivíduos. Isso resultou em um ganho genético de 2,8% para a ALT e no tamanho efetivo populacional (N_e) de 15 indivíduos não parentes e não endogâmicos. A correlação genética entre os caracteres altura e DAP foi baixa e não significativa, sugerindo pequenas possibilidades de seleção indireta entre os caracteres.

Palavras-chave: herdabilidade; melhoramento genético; *Pinus*; seleção genética; variação genética.

ABSTRACT – *Pinus caribaea* var. *hondurensis* is the most common species of the genus *Pinus* planted in tropical regions of Brazil, due its adaptation to soil and climate conditions, fast growth, good trunk form and quality of the wood. The species is mainly used for sawmill and pulp and paper industry. The aim of this study was to estimate genetic parameters for growth traits in a open-pollinated progeny test established in the Floresta Estadual de Assis, state of São Paulo. The test was implanted in May 1987, using a 4 x 5 triple lattice design with 17 treatments (16 progenies and a control), four replications and ten plants in row per plot, spaced 3 x 3 m. The total tree height – ALT and the diameter at breast height – DBH were measured at 21 years of age. The analysis of variance detected significant difference among progenies for tree height.

¹Recebido para análise em 30.07.14. Aceito para publicação em 13.04.15. Publicado *on-line* em 15.06.15.

²Pós-Graduação em Agronomia, UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, 56, Centro, 15385-000 Ilha Solteira, SP, Brasil.

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

⁴Autor para correspondência: Miguel Luiz Menezes Freitas– miguelmfreitas@yahoo.com.br

The coefficients of genetic variation were 18.4% for tree height and 9.2% for DBH. The estimates of heritability coefficient for progeny means were 0.30 for height and 0.02 for DBH, higher than the estimates obtained at individual plant level and within progenies. To establish a seedling seed orchard, it is suggested to consider the trait height and a selection intensity of 6%, which corresponds to the selection of the best 32 individuals. This procedure resulted a genetic gain of 2.8% for ALT and a population effective size (N_e) of 15 unrelated and not inbred individuals. The genetic correlation between traits ALT and DBH was low and not significant, suggesting small chances of indirect selection between traits.

Keywords: genetic improvement; genetic variation; heritability; *Pinus*; genetic selection.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo em larga escala de espécies de *Pinus* no Brasil ocorreu principalmente para suprir a necessidade de madeira para abastecimento industrial nas regiões Sul e Sudeste, diminuindo a supressão das áreas nativas. A opção de se utilizar o gênero *Pinus* ocorreu por suas espécies apresentarem boas características tecnológicas, rápido crescimento e boa adaptação às condições de clima e solo do Brasil (Freitas et al., 2005).

Segundo Lamprecht (1990), existem mais de 100 espécies pertencentes ao gênero *Pinus*. Uma delas é o *Pinus caribaea*, o qual se subdivide em três variedades: *caribaea*, *hondurensis* e *bahamensis*. O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tem zona de ocorrência natural na América Central, entre os paralelos 12°13'N, na Nicarágua (Lamprecht, 1990).

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma das espécies do gênero mais plantadas no Brasil por apresentar ótima adaptabilidade às condições edafoclimáticas das regiões tropicais (Moraes et al., 2007; Tambarussi et al., 2010). A matéria-prima é principalmente utilizada para serraria e produção de celulose com grande aceitação comercial em todo o mundo (Lima, 1990). O sucesso comercial dessa variedade ocorre principalmente pela disponibilidade de sementes no mercado, ao seu bom desenvolvimento em solos pobres e à elevada qualidade de sua madeira, amplamente utilizada na construção civil (Moraes et al., 2007; Tambarussi et al., 2010).

Os estudos com o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* vem revelando que esta variedade apresenta ampla variação genética entre e dentro de populações, e ótimo potencial para o melhoramento genético. A presença dessa variabilidade genética pode ser determinada a partir da estimativa do

coeficiente de variação genética, que expressa a magnitude da variação genética da população em estudo (Vencovsky, 1987).

Os programas de melhoramento genético com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* baseiam-se na seleção entre e dentro de progênies. Nesse esquema, identificam-se as melhores progênies com base nas médias das parcelas e depois as melhores árvores dentro das melhores progênies. Assumindo-se que progênies de polinização aberta são meios-irmãos, 25% da variação genética é do tipo aditiva, variação genética que é herdável e pode ser aproveitada na seleção entre progênies (Namkoong et al., 1966).

Para obter populações geneticamente melhoradas e que satisfaçam as exigências da produtividade florestal, o melhorista deve identificar os melhores indivíduos na população sob seleção. Uma estratégia de eficiência, comprovada para seleção desses genótipos, é o teste de progênies. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar a variação genética para os caracteres silviculturais em um teste de progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

2 MATERIAL E MÉTODOS

O teste de progênies foi instalado em maio de 1987, na Floresta Estadual de Assis, SP, situada a 22°35'S, 50°22'W e a uma altitude média de 562 m. Segundo a classificação de Köppen, a região do estudo se encontra em uma zona de transição climática entre os tipos CWA e CFA. A precipitação média anual fica ao redor de 1.400 mm e a temperatura média anual é de 21,8° C. O solo do local é caracterizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999) como Latossolo Vermelho Distrófico álico típico A moderado e textura média.

O teste foi composto por 16 progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e uma testemunha comercial. As matrizes (plantas-mães), que pertencem ao programa de melhoramento genético do Instituto Florestal, foram selecionadas principalmente para os caracteres volume, forma do fuste e produção de resina, e estão localizadas na Floresta Estadual de Assis. O delineamento experimental utilizado foi látice triplo 4 x 5, totalizando 17 tratamentos (16 progênies + 1 testemunha comercial), com quatro repetições. Essa testemunha é considerada o tratamento comum, uma vez que está presente em todos os blocos. As parcelas foram compostas por dez plantas em linha no espaçamento de 3 x 3 m. A bordadura foi formada por três linhas. A coleta de dados foi realizada aos 21 anos de idade para diâmetro à altura do peito (DAP – 1,30 m acima do solo) e altura total das árvores. As variáveis foram tomadas por meio de suta graduada e hipsômetro de Blume-Leiss, respectivamente.

As análises de variância para os caracteres em estudo foram realizadas com o auxílio do programa SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 1999).

Embora o delineamento experimental utilizado tenha sido o látice, as análises estatísticas foram feitas obedecendo ao modelo de blocos ao acaso, excluindo-se a testemunha. A expressão que representa o modelo matemático é a seguinte:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{jk}$$

em que: Y_{ijk} : performance média do k -ésimo indivíduo, do j -ésimo bloco, da i -ésima progênie; m : média geral da variável em análise; t_i : efeito da i -ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, I$); b_j : efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, \dots, J$); e_{ij} : efeito da interação entre a i -ésima progênie do j -ésimo bloco, ou efeito ambiental da ij -ésima parcela; d_{ijk} : efeito do k -ésimo indivíduo dentro da ij -ésima parcela.

Com exceção do efeito de blocos, todos os demais efeitos do modelo foram assumidos como aleatórios, sendo que, K é o número de árvores por progênies, J é o número de blocos, I é o número de progênies e \bar{K} é a média harmônica do número de árvores por parcela. O esquema da análise de variância encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Esperanças de Quadrados Médios para as variáveis em nível de plantas individuais para os caracteres DAP e altura de plantas.

Table 1. Expected mean squares for the variables in level of individual plants for the traits plant height and DBH.

F.V.	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J-1$	QMB	–
Progênies	$I-1$	QMG	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2 + J \bar{K} \sigma_p^2$
Resíduo	$(J-1)(I-1)$	QMR	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2$
Dentro	$J I \sum_{i=1}^p (\bar{K} - 1)$	QMD	σ_d^2

J : número de blocos; I : número de progênies; K : número de plantas por progênies; p : é o número de parcelas; efeito de repetições; σ_e^2 : variância ambiental; σ_p^2 : variância genética entre progênies; σ_d^2 : variância fenotípica dentro de progênies.

A análise de variância foi utilizada para estimar os componentes de variância, com base no método REML (*Restricted Maximun Likelihood*), em combinação com o comando VARCOMP do programa estatístico SAS, visto que o teste estava desbalanceado. Os componentes estimados foram: σ_p^2 : variância genética entre progênies; σ_e^2 : variância ambiental e σ_d^2 : variância fenotípica dentro de progênies. Desses componentes de variância foram estimadas a variância fenotípica total ($\sigma_F^2 = \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2$) e variância genética aditiva, $\sigma_A^2 = \sigma_p^2 / r_{xy}$, sendo r_{xy} o coeficiente médio de parentesco entre plantas dentro de progênies, assumido como 0,25, ou seja, assumindo as plantas das progênies de polinização aberta como sendo meias-irmãs.

Os coeficientes de herdabilidade, o coeficiente de variação genética e medidas de correlações entre caracteres foram estimados com base em Namkoong (1979). Foram estimados os coeficientes de herdabilidade em nível de média de progênies (h_m^2), dentro de progênies (h_d^2), em nível de plantas individuais (h_i^2), coeficiente de variação genética (CVg) e acurácia (Ac) utilizando-se as expressões:

$$h_m^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \frac{\sigma_e^2}{J} + \frac{\sigma_d^2}{JK}}$$

em que: J é o número de repetições e K é o número de plantas por parcela.

$$h_d^2 = \frac{(1 - r_{xy})\sigma_A^2}{\sigma_d^2}$$

$$h_i^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_p^2 + \sigma_e^2 + \sigma_d^2}$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\hat{m}} \cdot 100$$

$$AC = \sqrt{h_m^2}$$

sendo m a estimativa da média do caráter.

Os ganhos genéticos esperados com a seleção foram calculados apenas dentro de progênies (G_d), visto que o número de progênies era baixo (16). O ganho predito foi calculado por:

$$G_d = i_d \sigma_d h_d^2$$

em que, i_e (i_d) é intensidade de seleção em unidade de desvio-padrão, aplicada dentro progênies e σ_d é o desvio-padrão da variância fenotípica dentro de progênies. Neste estudo, adotou-se a intensidade de seleção de 6% entre plantas dentro de progênies para ambos os caracteres DAP e altura, o que estreita a base genética para os 32 melhores indivíduos. O ganho genético em percentagem ($G_d(\%)$) foi calculado por:

$$G_d(\%) = 100(G_d / m)$$

em que m é a média do caractere sob seleção.

O tamanho efetivo (N_e) foi calculado para a população após a seleção das duas melhores plantas das 16 progênies testadas. Assim, vão existir 16 pares de indivíduos parentes na população selecionada. Assumiu-se, ainda, que essas duas plantas de cada uma das 16 progênies eram parentes no grau de meios-irmãos. O tamanho efetivo total da população selecionada foi estimado seguindo Cockerham (1969) e utilizando-se a expressão:

$$N_e = \frac{0,5}{\Theta \frac{n-1}{n} \frac{1+F_o}{2n}}$$

em que n é o número de plantas selecionadas (30), F_p (F_o) é o coeficiente de endogamia das progênes, assumido como zero, e Θ é o coeficiente de coancestria de grupo das 32 árvores selecionadas, o qual foi calculado pela seguinte expressão:

$$\Theta = \frac{0,5n(1 + F_p) + \sum_{i=1}^n \sum_{i \neq j}^n \theta_{xy}}{n^2} \quad (\text{Lindgren et al., 1996}),$$

em que n é o tamanho da população selecionada (30), F_p é o coeficiente de endogamia na população parental, assumido como zero, θ_{xy} é o coeficiente de coancestria entre os indivíduos x e y .

As correlações fenotípicas (r_f) e genéticas (r_g), entre os caracteres DAP e altura, foram estimadas a partir dos valores individuais de acordo com as seguintes expressões:

$$r_f = \frac{\sigma_{F_x F_y}}{\sqrt{\sigma_{F_x}^2 \cdot \sigma_{F_y}^2}}$$

$$r_g = \frac{\sigma_{p_x p_y}}{\sqrt{\sigma_{p_x}^2 \cdot \sigma_{p_y}^2}}$$

em que: $\sigma_{F_x F_y}$ e $\sigma_{p_x p_y}$ são os produtos cruzados fenotípicos e genéticos dos caracteres x e y , estimados das análises de covariância, $\sigma_{F_x}^2$, $\sigma_{p_x}^2$, e $\sigma_{F_y}^2$, $\sigma_{p_y}^2$, são as variâncias fenotípicas e genéticas dos caracteres x e y , respectivamente (Falconer, 1987).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas a 5% de probabilidade entre blocos para a variável altura (Tabela 2). Foram encontradas diferenças significativas a 5% de probabilidade entre progênes para o caráter altura, o que indica que existe a possibilidade de melhoramento genético da população pela seleção entre progênes. O coeficiente de variação experimental foi de média magnitude (17,5%) para o DAP e para altura de plantas (10,9%), indicando precisão aceitável dos dados. Sebbenn et al. (2005), estudando a variação genética em espécie desse gênero, encontraram resultados semelhantes.

Tabela 2. Resultados da análise de variância, coeficiente de variação experimental (CV_{exp} (%)) e média para os caracteres DAP e altura de plantas avaliadas em progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 21 anos de idade.

Table 2. Results of analysis of variance, experimental coefficient of variation (CV_{exp} (%)) and mean for DBH and height in 21-year old *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Estimativas	DAP		ALT	
	QM	F	QM	F
Blocos	0,34	0,01 ^{ns}	38,35	7,39*
Progênes	39,18	1,56 ^{ns}	18,95	3,50*
Resíduo	40,40		15,36	
CV_{exp} (%)	17,50		10,90	
Média	28,70		21,4	

(*) $P < 0,05$, ns = não significativo.

O coeficiente de variação genética para DAP foi estimado em 9,2%, o que pode ser considerado como de média magnitude (Tabela 3). Esse resultado diverge do encontrado por Freitas et al. (2005), que estudando a variabilidade genética entre procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos, em Bebedouro – SP, obtiveram coeficiente de variação genética de 0,31%, considerado baixo para esse caráter. Para altura de plantas o coeficiente de variação genética foi de 18,4%, indicando que a variação genética é substancial entre as progênies e há possibilidade de aumentar a média da população pela seleção entre progênies. Moraes et al. (2007), estudando o efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em um teste de progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*, aos 14 anos de idade, encontraram resultados inferiores aos aqui obtidos (CV_g de 5,44% para a altura de plantas).

Isso demonstra o alto potencial do material genético testado, no presente ensaio, para a seleção.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade média entre as progênies (h_m^2) foram maiores do que as obtidas para herdabilidade em nível de plantas individuais (h_i^2) e herdabilidade dentro da parcela (h_d^2) (Tabela 3). De acordo com Vencovsky e BARRIGA (1994), a herdabilidade em nível de média de progênies é superior às herdabilidades individuais e dentro de progênies, quando os efeitos ambientais da primeira são minimizados pelo número de repetições e de plantas por parcela. Portanto, a seleção é mais eficiente com base nas médias de progênies do que em nível de plantas individuais. Em suma, as herdabilidades indicam que a seleção será mais eficiente entre progênies do que dentro de progênies ou massal no experimento, devido ao maior controle genético do caráter.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais no sentido restrito (h_i^2), herdabilidades médias entre progênies (h_m^2), herdabilidades dentro da parcela (h_d^2), ganho genético esperado com a seleção dentro progênies (G_d) e ganho genético esperado com a seleção dentro progênies (G_d (%)) para os caracteres diâmetro à altura do peito – (DAP) e altura total – (ALT) em progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, aos 21 anos de idade, em Assis-SP.

Table 3. Estimates of the heritability coefficients in individual level (h_i^2), average among progenies (h_m^2) and within progenies (h_d^2), coefficient of genetic variation (CV_g (%)), expected genetic gain for selection within progenies (G_d) and expected genetic gain in percentage for selection within progenies (G_d (%)) for diameter at breast height – (DBH) and total height – (ALT), in open-pollinated progenies of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, at 21 year of age, in Assis-SP.

Parâmetros	Caráter	
	DAP	ALT
h_i^2	0,01	0,12
h_m^2	0,02	0,30
h_d^2	0,01	0,13
CV_g (%)	9,20	18,4
G_d	0,01	0,13
G_d (%)	0,35	2,8%

Para o caráter altura, a herdabilidade média de progênies (h_m^2) foi substancial (0,30), o que indica que o caráter apresenta controle genético que pode ser explorado pela seleção entre progênies. No entanto, a herdabilidade para o caráter DAP foi de baixa magnitude, logo apresentou baixo controle genético. Uma explicação para isso é o fato de que o material testado é oriundo de material previamente selecionado em teste de progênies, o que reduziu a variação genética entre as progênies.

Os ganhos genéticos foram estimados apenas dentro de progênies, devido ao pequeno número de progênies utilizadas no teste (16 progênies), o que poderia reduzir muito o tamanho efetivo da população selecionada (Tabela 3). Os ganhos genéticos esperados com a seleção das duas melhores plantas de cada progênie foram baixos para ambos os caracteres (Tabela 4), embora maiores para altura total de plantas. A intensidade de seleção adotada dentro de progênies foi alta (6%), estreitando a base genética para os 32 melhores indivíduos. A seleção proposta resultou em um coeficiente de coancestria para o grupo formado por essas 32 árvores de 0,0195. Embora aparentemente baixa, essa coancestria resultou no tamanho efetivo de 14, ou seja, as 32 plantas selecionadas correspondem a aproximadamente 15 indivíduos não parentes e não endogâmicos. Assim, vão existir parentes na população selecionada e, portanto, alelos idênticos por descendência entre parentes.

A seleção de mais de uma árvore da mesma progênie em 16 progênies indica que podem ocorrer cruzamentos entre parentes na população de recombinação, ou seja, no pomar de sementes por mudas resultantes deste teste de progênies. Como a endogamia em uma geração corresponde ao coeficiente de coancestria entre os pais, de acordo com a estimativa do coeficiente de coancestria de grupo das 32 árvores, sob cruzamentos aleatórios na população selecionada, a endogamia esperada nas sementes é de apenas 2%.

Uma próxima etapa de melhoramento com este material deve considerar o uso de cruzamentos controlados para explorar a combinação específica de cruzamentos e/ou a inclusão de mais indivíduos selecionados em outros testes, visto que o tamanho efetivo da população selecionada é muito baixo (15).

Os coeficientes de correlação genética e fenotípica entre os caracteres altura total e DAP foram positivos, mas baixos e não significativos (Tabela 4). De acordo com Sampaio et al. (1999), a seleção, quando é realizada em variáveis com correlações positivas e de alta magnitude, espera alta resposta correlacionada. A correlação genética encontrada para os caracteres, por ser não significativamente diferente de zero, sugere poucas chances de obter-se ganhos indiretos em um dos caracteres, com a seleção direta no outro.

Tabela 4. Correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f) em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para caracteres diâmetro a altura do peito – (DAP) e altura total – (ALT) aos 21 anos de idade, em Assis-SP.

Table 4. Genetic (r_g) and phenotypic correlations (r_f) in progenies of 21-year old *Pinus caribaea* var. *hondurensis* for diameter at breast height – (DBH) and total height – (ALT).

Caracteres	r_g	r_f
DAP vs ALT	0,41	0,06

DAP: diâmetro a altura do peito, ALT: altura de plantas

4 CONCLUSÕES

Existe variação genética entre as progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para o caráter altura de plantas.

A estimativa do coeficiente de herdabilidade para o caráter altura de plantas foi maior do que para o DAP, condicionando maior possibilidade de melhoramento genético pela seleção.

A correlação genética entre os caracteres altura total e o DAP foi baixa, o que indica poucas chances do uso da seleção indireta entre estes caracteres.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos funcionários do Instituto Florestal, Luis Carlos Malícia e Silvio dos Santos, pelo apoio à mensuração do experimento. Os autores Alexandre Magno Sebbenn e Miguel Luiz Menezes Freitas agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COCKERHAM, C.C. Variance of gene frequencies. *Evolution*, v. 23, p. 72-84, 1969.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FREITAS, M.L.M. et al. Testes de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 32 anos de idade em Bebedouro-SP. *Revista do Instituto Florestal*, v. 17, n. 1, p. 17-23, 2005.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Universidade de Gottingen, Instituto de Silvicultura, 1990. 343 p.

LIMA, R.T. Comportamento de espécies e procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia, MG, Brasil: região de cerrados. 1– *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. *Revista Árvore*, v. 14, n. 1, p. 16-25, 1990.

LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. *Silvae Genetica*, v. 45, p. 52-59, 1996.

MORAES, M.L.T. et al. Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. *Scientia Forestalis*, n. 74, p. 55-65, 2007.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin No 1588).

_____.; SNYDER, E.B.; STONECYPHER, R. Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchards. *Silvae Genetica*, v. 15, p. 76-84, 1966.

SAMPAIO, P.T.B.; RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, A.J. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, 1999.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

SEBBENN, A.M. et al. Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.

TAMBARUSSI, E.V. et al. Estimative of genetic parameters in progeny test of *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari by quantitative traits and microsatellite markers. *Bragantia*, v. 69, p. 39-47, 2010.

MACEDO, H.R. et al. Variabilidade genética em *Pinus*

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **IPEF**, v. 35, p. 79-84, 1987.

_____.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 1994. 496 p.

**TAMANHO AMOSTRAL PARA A ESTIMATIVA DA DENSIDADE BÁSICA
EM UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus* sp.¹**

SAMPLE SIZE FOR ESTIMATING BASIC DENSITY IN A CLONE OF *Eucalyptus* sp. HYBRID

Franciane Andrade de PÁDUA^{2,4}; Paulo Fernando TRUGILHO³;
Cláudio Roberto THIERSCH²;
Nayara Marcon VIRE²; José Mauro Santana da SILVA²

RESUMO – As diversas formas de se amostrar a madeira para o estudo de suas propriedades levam em consideração a acurácia, o tempo e o custo de processamento e coleta do material. No entanto, a forma e intensidade da amostragem considerada pode não captar corretamente a variabilidade dessas propriedades ou até mesmo negligenciá-la. O objetivo deste trabalho foi estimar o número de árvores necessárias para a estimativa da densidade básica média da árvore em um clone de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* considerando diferentes formas de amostragem e classes de diâmetro. Foram utilizadas 50 árvores de um clone do híbrido, aos 5,6 anos. As árvores foram distribuídas em três classes de diâmetro e amostradas na forma de discos, a partir de três propostas: tradicional (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial Hc); alternativa (2%, 10%, 30% e 70% Hc) e de metro em metro a partir do DAP. Não houve diferença entre o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade do clone por forma de amostragem, admitindo-se um erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. A amostragem alternativa foi a mais eficiente considerando a intensidade da amostragem no tronco e o coeficiente de variação. A classificação diamétrica resultou em um número maior de árvores para estimar a densidade média, em função da maior variação da propriedade dentro de classes do que dentro do método de amostragem.

Palavras-chave: amostragem da madeira; massa específica; eucalipto.

ABSTRACT – There are several methods of collecting wood samples for the study of their properties, which consider the accuracy, time and cost of collecting and processing the material. However, often the variation pattern of ownership in the tree is neglected. Depending on the shape and size of the sample in the study the variability of the properties of the wood cannot be properly captured. The aim of this study was to estimate the number of trees needed to estimate the average basic density of the tree in a *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* hybrid clone, considering different longitudinal sampling and diameter classes. For this, 50 trees were used to hybrid from clone with 5.6 years. The trees were divided into three diameter classes and sampled in the form of discs, three ways: traditional (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height Hc); alternative (2%, 10%, 30% and 70% Hc) and every meter from DAP. There was no difference between the number of trees required to estimate the density of the clone regardless sampling form, assuming an error of 5% and a confidence interval of 95%. Alternative sampling was considered most effective, considering the sample size along the stem and the coefficient of variation. Classification by diameter resulted in a greater number of trees to estimate the average density due to greater property variation within diameter classes than within the sampling method.

Keywords: sampling wood; specific gravity; eucalypt.

¹Recebido para análise em 15.10.14. Aceito para publicação em 17.04.15. Publicado *on-line* em 30.06.15

²Universidade Federal de São Carlos, UFSCar Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Bairro do Itinga, 18052-780, Sorocaba, SP, Brasil.

³Universidade Federal Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Franciane Andrade de Pádua – franciane@ufscar.br

1 INTRODUÇÃO

A forma de amostragem é uma das maiores dificuldades para se obter resultados significativos que representem toda a árvore, devido à grande variabilidade das características anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira, que são verificadas entre árvores e dentro da própria árvore, entre idades e locais distintos (Zobel e Buijtenen, 1989).

A variação das propriedades das madeiras dentro da árvore e entre árvores, e o modo como as características são controladas geneticamente têm influência no número de amostras para estimar a média da árvore (Downes et al., 1997), ou seja, a variabilidade na característica reflete na média geral.

São verificadas também variações dentro de clones. Flores et al. (2000) ressaltam que muitos pesquisadores cometem o erro de analisar uma única árvore de um povoamento clonal e, às vezes, com uma única determinação de suas características tecnológicas e dendrométricas para decidir sobre a aceitação ou não do clone para plantio comercial.

O ideal seria retirar amostras múltiplas em diferentes alturas da árvore e posições radiais.

Isso nem sempre é possível, pois a amostragem é mais difícil e demanda tempo (Downes et al., 1997). Desse modo, torna-se necessário utilizar métodos mais simples e fáceis que ofereçam razoável precisão (Zobel e Buijtenen, 1989), uma vez que o número de amostras depende do nível desejado de acurácia (Downes et al., 1997).

Benjamin e Ballarin (2004), pesquisando critérios de amostragem para a avaliação da densidade básica em populações florestais, concluíram que, como era esperado, quanto mais se amostra, melhor é a precisão. No entanto, essa melhora, muitas vezes, não é significativa para justificar um aumento muito grande no tamanho da amostra. Os autores sugerem que a precisão desejada e a disponibilidade de tempo e de árvores para efetuar o estudo, entre outros fatores, devem ser consideradas.

Estudos com amostragem da madeira de *E. globulus* e *E. nitens* foram realizados por Muneri e Raymond (2000), Raymond e Muneri (2001), e Raymond et al. (2001). Os autores determinaram o número de árvores necessárias para se estimar a densidade básica média e o comprimento de fibra médio da árvore. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Alturas de amostragem recomendadas, confiança, número de árvores a serem amostradas e acurácia na predição da densidade básica e do comprimento de fibra, utilizando amostras removidas com trado de incremento.

Table 1. Heights sampling recommended, statistical confidence, number of trees to be sampled and accuracy for basic density prediction and fiber length, using samples removed with increment borer.

	Densidade básica	Comprimento de fibra (mm)
<i>E. globulus</i>		
Altura (m)	1,1	1,1-1,5
Intervalo de confiança (%)	84	74-87
Número de árvores	8	13
Acurácia	± 20 kg m ⁻³	± 5% da média
<i>E. nitens</i>		
Altura (m)	0,7	0,9-1,3
Intervalo de confiança (%)	89	44-45
Número de árvores	8	16
Acurácia	± 20 kg m ⁻³	± 5% da média

Fonte: Raymond (2002), modificado pelo autor.

Source: Raymond (2002), modified by the author.

As posições amostrais indicadas na Tabela 1 foram sugeridas para a amostragem destrutiva (único disco) e não destrutiva (amostras de trado), e foram selecionadas com base na melhor correlação entre o ponto de amostragem e o valor médio da propriedade no tronco, acurácia, custo e ergonomia para a coleta do material, no referido ponto de amostragem.

As medições da densidade básica no tronco são realizadas tradicionalmente utilizando-se discos ou baguetas. Normalmente, são retiradas amostras, na forma de discos, nas posições da base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, ou na forma de baguetas na posição de 1,30 m de altura do solo. No entanto, a posição dos pontos amostrais para a medição das propriedades da madeira e, conseqüentemente, estimativa do número de árvores requeridas para se estimar esta média, depende da análise prévia de sua variação no tronco. Por exemplo, se a densidade básica aumenta com a altura da árvore, o ponto de mínima densidade depende do primeiro ponto de amostragem no tronco considerado no trabalho. Nesse caso, torna-se necessária uma amostragem mais intensa na base da árvore, para verificar qual é o ponto que representa verdadeiramente a mínima densidade (Downes et al., 1997; Benjamin e Ballarin, 2004) e para que esta amostragem represente o valor médio da propriedade no tronco.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média do tronco

considerando três formas de amostragem destrutiva e três classes de diâmetro em um clone de híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Biológico

Foram amostradas 50 árvores de um híbrido clonal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 5,6 anos de idade, plantados em espaçamento 3 x 2 m, em área pertencente ao grupo Arcelor Mittal Bioenergia, no município de Martinho Campos, Estado de Minas Gerais, a 19°39'20" de latitude sul e 45°19'30" de longitude oeste. No talhão selecionado para o estudo foi lançada uma parcela de 10 linhas x 10 plantas, que foi considerada como a população daquele clone. Em todos os indivíduos amostrados, foi mensurado o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP) para a classificação diamétrica.

Foram consideradas três classes de diâmetro e o número de árvores amostradas por classe foi definido pelo percentual participativo em relação à população, conforme apresentado na Tabela 2. Definido o número de indivíduos por classe diamétrica, foram selecionadas aquelas árvores que se encontravam dentro desses intervalos. Os centros das classes de diâmetro consideradas foram: 14,2 cm, 11,4 cm e 8,1 cm.

Tabela 2. Distribuição das árvores nas classes diamétricas.

Table 2. Trees distribution in diameter classes.

Classe (cm)	Centro de classe (cm)	Frequência	Participação na população (%)
12,8 a 17,0	14,2	23	47
9,7 a 12,7	11,4	19	38
3,1 a 9,5	8,1	8	15
Total		50	100

2.2 Amostragem da Madeira

Foram consideradas três formas de amostragem longitudinal no tronco, conforme descrito a seguir:

- amostragem tradicional: retirada de discos nas posições da base, a 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore (Hc), considerada até o diâmetro mínimo de 5 cm com casca;
- amostragem alternativa: retirada de discos nas alturas relativas de 2%, 10%, 30%, 50% e 70% de Hc;
- amostragem de metro em metro: retirada de discos nas alturas fixas da base, 1,30 m de altura do solo (DAP) e, a partir deste ponto, de metro em metro até a altura comercial. A quantidade de pontos longitudinais nesta amostragem se limitou à altura comercial da árvore.

2.3 Determinação da Densidade Básica

Para a determinação da densidade básica por posição de amostragem foi utilizado o procedimento de imersão em água, descrito na norma NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2003).

A densidade básica média, por posição de amostragem longitudinal, foi determinada como sendo o valor médio das densidades básicas de duas cunhas opostas retiradas de cada disco.

A densidade básica média da árvore foi calculada como a média aritmética das densidades determinadas em cada posição de amostragem longitudinal. Estudos de Pádua et al. (2006) verificaram uma correlação significativa alta entre densidade básica média ponderada pelo volume e densidade básica média aritmética em cinco espécies de *Eucalyptus* aos 7 anos de idade.

2.4 Cálculo da Intensidade Amostral

Foi utilizada a equação descrita abaixo para estimar o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média da árvore para populações infinitas.

$$n = \frac{t^2 \times (CV)^2}{E(\%)^2}$$

em que:

n = número de amostras para se estimar a densidade básica média da árvore;

t = $\alpha = 0,05$, e n-1 graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação em %;

E = erro máximo aceito.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é apresentado o número de árvores necessárias para se estimar a densidade básica da árvore, considerando o método de amostragem e a classe de diâmetro.

Tabela 3. Número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica da árvore por método de amostragem e classe de diâmetro, admitindo-se um erro de 5%.

Table 3. Number of trees required to estimate the tree basic density by sampling and diameter class within a 5% error.

	Número de árvores
Tradicional	1
Alternativa	1
Metro em metro	1
Classe diamétrica 14,2 cm	4
Classe diamétrica 11,4 cm	4
Classe diamétrica 8,1 cm	5

Conforme o esperado, por se tratar de apenas um clone, o número de árvores para se estimar a densidade média foi pequeno. Pelos dados da Tabela 3 nota-se que, em ambos os métodos de amostragem, a tomada de diferentes amostras ao longo do tronco em apenas uma árvore do clone avaliado gerou resultados satisfatórios com um erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. Lima (1995) também verificou que uma única árvore de um clone de *E. saligna* foi suficiente para a estimativa da densidade básica da árvore e ressalta que o pequeno número de amostras só deve ser utilizado para clones

procedentes de locais com pequenas variações ambientais, ou seja, mais uniformes. Ferreira (1970) constatou que 36 árvores são necessárias para a determinação da densidade básica média das espécies de *Eucalyptus* em quaisquer das idades analisadas com precisão de 0,01% e 80% de probabilidade.

Com base na Tabela 3, constata-se que o maior número de amostras requeridas para as classes diamétricas se deve à maior variação da densidade básica dentro da classe.

A Tabela 4 apresenta um resumo do esquema de amostragem utilizado em cada método.

Tabela 4. Variação da densidade básica em função do número de amostras.

Table 4. Variation of the basic density depending on the number of samples.

Método de amostragem	Nº árvores	Nº amostras por árvore	Nº subamostras	DB média (g cm ⁻³)	CV (%)
Tradicional	50	5	2	0,548 A	5,41
Alternativa	50	5	2	0,553 B	3,82
Metro em metro	50	18*	2	0,555 C	3,90

*Número médio de amostras por árvore nas três classes de diâmetro consideradas; CV: coeficiente de variação, Nº subamostras: duas cunhas opostas retiradas nos discos para a determinação da densidade básica. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de SNK a 5% de significância.

*Average number of samples per tree considered in all three diameter classes; CV: coefficient of variation, No. subsamples: two opposing wedges removed from discs to determine the basic density. Means followed by the same letter are not statistically different by SNK test at 5% significance level.

Com relação à amostragem dentro do tronco, percebe-se que as diferentes intensidades estimaram valores estatisticamente diferentes para a densidade básica média do tronco. A amostragem alternativa estimou a densidade média com o menor coeficiente de variação e com valor próximo ao estimado pela amostragem de metro em metro, que é a amostragem mais intensiva no tronco,

sendo, portanto, considerada a mais representativa da população. Dessa maneira, a amostragem alternativa é a mais adequada para a estimativa da densidade básica média do tronco no clone, por apresentar a menor variação dos valores de densidade com o mesmo número de amostras por árvore da amostragem tradicional e apresentar valor médio mais próximo ao valor populacional.

Bendtsen et al. (1970) ressaltam que a amostragem intensiva no tronco melhora muito a confiabilidade, quanto às propriedades daquela árvore, mas diz muito pouco sobre as propriedades das árvores restantes. Ali (1964) concluiu que cinco amostras retiradas de treze árvores forneceram praticamente a mesma precisão que uma amostra retirada de 23 árvores. Diante disso, são necessários mais estudos com relação à variação das propriedades dentro e entre árvores de forma a definir uma adequada estratégia de amostragem, principalmente no Brasil, onde as condições climáticas favorecem o rápido crescimento. Adicionalmente, seria interessante uma análise econômica dos custos envolvidos na amostragem, coleta e a preparação do material para análise.

4 CONCLUSÕES

Uma única árvore foi requerida para a estimativa da densidade básica no clone, independente da intensidade da amostragem dentro da árvore. No entanto, quando o clone foi classificado por diâmetro, houve um aumento no número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média do tronco, indicando haver maior variação da propriedade entre classes diamétricas do que entre intensidades de amostragem no tronco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, O.M. Sampling criteria for determination of physical properties of Gurjan (*Dipterocarpus pilosus*) for East Pakistan. **Commonwealth Forestry Review**, v. 43, n. 117, 1964.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Madeira**: determinação da densidade básica (NBR 11941/2003). Rio de Janeiro, 2003.

BENDTSEN, B.A.; FREESE, F.; ETHINGTON, R.L. A forest sampling method for wood strength. **Forest Products Journal**, v. 20, n. 11, p. 38-47, 1970.

BENJAMIN, C.A.; BALLARIN, A.W. Avaliação do comportamento de critérios de amostragem de árvores para a determinação da densidade básica da madeira de populações florestais. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFC, 2004. CD-ROM.

DOWNES, G.M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO, 1997. 126 p.

FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n. 1, p. 83-96, 1970.

FLORES, D.M.M. et al. Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para a produção de celulose: tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **O Papel**, v. 61, n. 3, p. 44-55, 2000.

LIMA, J.T. The wood density of 3 *Eucalyptus saligna* Smith clones in relation to age. **Annals of Science Forest**, v. 52, n. 4, p. 347-352, 1995.

MUNERI, A.; RAYMOND, C.A. Genetic parameters and genotype-by-environment interactions for basic density, pilodyn penetration and diameter in *Eucalyptus globulus*. **Forest Genetics**, v. 7, n. 4, p. 317-328, 2000.

PÁDUA, F.A.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T. Amostragem da madeira para a avaliação da densidade básica em *Eucalyptus*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: UNESP: CEVEMAD: IBRAMEM, 2006. CD-ROM.

RAYMOND, C.A. Genetics of Eucalyptus wood properties. **Annals of Forest Science**, v. 59, n. 5/6, p. 525-531, 2002.

_____.; MUNERI, A. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* for wood properties: I-basic density. **Wood Science and Technology**, v. 35, n. 1/2, p. 27-39, 2001.

PÁDUA, F.A. de et al. Amostragem para densidade básica em *Eucalyptus* sp.

RAYMOND, C.A. et al. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* for wood properties: 3-predict pulp yield using near infrared reflectance analysis. **Wood Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 203-215, 2001.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 363 p.

**ÁREAS PRIORITÁRIAS AO RESTABELECIMENTO DA CONECTIVIDADE ESTRUTURAL
ENTRE FRAGMENTOS FLORESTAIS DA ZONA DE AMORTECIMENTO
DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE RIBEIRÃO PRETO¹**

**PRIORITY AREAS TO RESTORATION OF STRUCTURAL CONNECTIVITY
BETWEEN FOREST FRAGMENTS OF BUFFER ZONE
OF RIBEIRÃO PRETO ECOLOGICAL STATION**

Elenice Mouro VARANDA^{2,4}; Marina Janzanti LAPENTA²;
Valéria Maria Melleiro GIMENEZ²; Marcela Pereira VASTERS²; Hertz Figueiredo dos SANTOS²;
José Ricardo BAROSELA²; Nicole Maria Marson DONADIO²;
Luciana de Fátima GAIOSO-RAFAEL²; Cleide de OLIVEIRA^{2,3}

RESUMO – A Estação Ecológica de Ribeirão Preto – EERP é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral localizada no interior do Estado de São Paulo, Brasil. A Zona de Amortecimento – ZA da EERP, com 70% de sua área em zona urbana ou de expansão urbana, possui apenas 17% de cobertura vegetal distribuída em 129 manchas. A fim de subsidiar as ações de restauração florestal, foi gerado um mapa de áreas prioritárias para o restabelecimento da conectividade entre os fragmentos da ZA. Para tanto, foram considerados: a estrutura e a configuração da paisagem, a legislação ambiental e o estado de conservação das áreas remanescentes. Os resultados evidenciam a urgência de ações concretas para o restabelecimento da conectividade desta ZA pelo alto grau de fragmentação e degradação desta área. A metodologia utilizada para determinar as áreas prioritárias para conectividade foi abrangente e resultou num mapa confiável e realista, e indica que as ações de restauração florestal na ZA da EERP devem ser voltadas para duas estratégias: corredores florestais e enriquecimento de área dos fragmentos, priorizando a recuperação das matas ciliares. Esses procedimentos atuariam como facilitadores para a conectividade estrutural entre as áreas verdes próximas aos córregos e a minimização do impacto dos efeitos de borda. O resultado gerado tem a aprovação de todos os envolvidos direta ou indiretamente com a gestão da unidade de conservação e sua ZA, sendo uma excelente ferramenta auxiliar de gerenciamento e deve ser utilizado em futuros projetos de recuperação de áreas degradadas em parceria com os proprietários rurais.

Palavras-chave: Floresta Estacional Semidecidual; unidades de conservação; áreas protegidas; conectividade estrutural; zona de amortecimento; geoprocessamento.

ABSTRACT – The Ribeirão Preto Ecological Station – EERP is a Conservation Unit of Full Protection located within the state of São Paulo, Brazil. Its Buffer Zone – BZ, with 70% of its area located in the urban or urban expansion area, has only 17% of the vegetation cover distributed in 129 vegetation patches. In order to subsidize the forest restoration actions, a map of priority areas was generated for the reestablishment of the connectivity between the fragments of BF. The considered criteria for the production of the map were: the structure and configuration of the landscape, the conservation status of the remnant and the Brazilian legislation.

¹Recebido para análise em 17.01.15. Aceito para publicação em 27.04.15. Publicado *on-line* em 30.06.15.

²Centro de Estudo e Extensão Florestal da USP - CEEFLORUSP, Departamento de Biologia, FFCLRP, Universidade de São Paulo, Av. Bandeirantes, 3900, 14040-901 Ribeirão Preto, SP, Brasil.

³Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Rua do Horto, 931 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Elenice Mouro Varanda – emvarand@ffclrp.usp.br

The results demonstrate the urgency to achieve actions to restore the connectivity of Buffer Zone in EERP, demonstrating the high degree of fragmentation and degradation of this area. The methodology used to determine the areas of priority for the connectivity was comprehensive and resulted in a reliable and realistic map. The generated map indicates that the actions of forest restoration in BZ of Ribeirão Preto Ecological Station should be focused on two strategies: forest corridors and enrichment of the fragments, prioritizing the restoration of riparian forests. These procedures would act as facilitators for the structural connectivity between the green areas nearby the streams present in BF and so minimizing the impact of the edge effects. The generated result has the approval of all those directly or indirectly involved with the management of the protected area and its BF, it is also an excellent tool to assist management and should be used in future projects of restoration in partnership with the landowners.

Keywords: Semideciduous Seasonal Forest; protected areas; conservancy; structural connectivity; buffer zone; geoprocessing.

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada um dos “hotspots” mais biodiversos e ameaçados do planeta (Myers et al., 2000; Ricketts et al., 2005), pois, além do alto número de espécies endêmicas, atualmente se encontra extremamente fragmentada, cobrindo apenas 8,5% de sua área original (SOS Mata Atlântica, 2013). A situação das florestas estacionais semideciduais, que originalmente cobriam 29,5% da Mata Atlântica, é mais grave ainda, pois restam apenas 7,1% da sua área original (Ribeiro et al., 2009).

No interior do Estado de São Paulo (Sudeste do Brasil), o processo de desmatamento foi intensificado por volta de 1870, impulsionado pela implantação da cafeicultura em larga escala. Os fragmentos que restaram das florestas estacionais semideciduais são, em sua maioria, pequenos e isolados (Viana e Pinheiro, 1998; Ribeiro et al., 2009). Por ter sido um dos principais centros produtores de café durante o final do século XIX e início do século XX, e de cana-de-açúcar a partir da segunda metade do século XX, a cobertura florestal da região de Ribeirão Preto encontra-se extremamente fragmentada, o que confere grande importância à Estação Ecológica de Ribeirão Preto – EERP, um dos maiores fragmentos da região. Porém, por estar localizada na zona de expansão urbana prevista no Plano Diretor do Município (Lei Municipal nº 501, 01/12/1995), tanto a EERP como seu entorno estão ameaçados pelo crescimento desordenado de sua área urbana.

Em paisagens fragmentadas, as populações vegetais e animais tornam-se reduzidas, os padrões de migração e dispersão são alterados, expondo os habitats a condições externas adversas,

resultando na deterioração da diversidade biológica ao longo do tempo (Tilman et al., 1994; Fahrig, 2003). Além disso, quanto mais fragmentada é uma paisagem, maior é o número de extinções (Tilman et al., 1994; Lindenmayer e Fischer, 2006). Portanto, um eficiente planejamento da Zona de Amortecimento – ZA – da Estação Ecológica de Ribeirão Preto torna-se uma importante estratégia para conter e direcionar o crescimento urbano e valorizar as áreas verdes do município.

A conectividade e a manutenção dos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do interior do Estado de São Paulo dependem, fundamentalmente, de ações de conservação e recuperação das Áreas de Preservação Permanente –APP e Reserva Legal –RL, que representam tanto alternativas para a preservação da biodiversidade e incremento da conectividade das áreas de habitat como para evitar o assoreamento, promovendo a recuperação dos rios e córregos (Naiman et al., 1993; Metzger, 2010; Borges et al., 2011). Porém, é importante selecionar criteriosamente as áreas a serem reflorestadas para melhorar a relação custo-benefício de projetos de restauração ecológica (Pardini et al., 2010).

Assim, este trabalho teve como objetivo a elaboração de um mapa de áreas prioritárias para o reestabelecimento da conectividade dos fragmentos florestais da Zona de Amortecimento – ZA da Estação Ecológica de Ribeirão Preto – EERP, aqui entendida como o entorno desta unidade onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a mesma (Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Art. 2º inciso XVIII) (Brasil, 2000).

O trabalho é parte do Projeto Conexão Verde, desenvolvido na EERP para subsidiar a implantação do seu Plano de Manejo, durante o qual foi promovida uma articulação institucional entre a equipe técnica (Centro de Estudo e Extensão Florestal da USP/RP – CEEFLORUSP e Fundação Florestal da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo), os proprietários rurais, o sindicato rural, órgãos governamentais e as lideranças locais.

A partir do mapa gerado, foi proposta uma estratégia para a minimização dos impactos da urbanização e conservação da biodiversidade através do desenvolvimento de projetos de restauração de áreas degradadas para o restabelecimento da conectividade, a proteção do solo e a recuperação dos recursos hídricos, considerando-se tanto a legislação ambiental brasileira (Brasil, 1965) como os dados relativos à estrutura e à configuração da paisagem, e o estado de conservação das áreas remanescentes obtidos através de inventários da fauna e flora e do uso de mapas temáticos. Desse modo, pretendeu-se estabelecer corredores ecológicos sugeridos pela lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação que assim os define: “porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais” (Sistema Nacional de Unidades de Conservação Art. 2º inciso XIX) (Brasil, 2000).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Ecológica de Ribeirão Preto (21°13'18"S e 47°50'51"W), conhecida como Mata de Santa Tereza, é um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, com 154 ha de área. Está inserida no limite da zona de expansão urbana do município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Possui relevo suavemente ondulado e altitude média de 600 m, com solo do tipo Latossolo vermelho. O clima é classificado como Aw pelo sistema de Köppen, com verões chuvosos e invernos secos.

Considerando o período entre 1961 e 1990 a temperatura média anual foi de 22,4 °C e a precipitação média anual foi de 1.529 mm, com cinco meses de déficit hídrico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2011).

A Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto é delimitada pelas bacias dos córregos do Horto e Serraria e possui área de 2.942,98 ha e seus limites, definidos no Plano de Manejo da EERP (Leonel et al., 2010), são apresentados na Figura 1. Nesse Plano de Manejo, a Zona de Amortecimento da EERP é dividida em quatro subzonas, cada qual com normas específicas para o uso do solo dependendo da função à qual se destina. A subzona 1 é uma faixa de 50 m no entorno imediato da estação e se destina à arborização com espécies nativas. No seu entorno tem-se a subzona 2 com 450 m de largura, na qual são permitidas somente atividades agrícolas com regras específicas e construções residenciais com restrições em relação à altura das edificações, da área construída e da densidade de habitantes. Na subzona 3, cuja delimitação é definida pela Zona de Urbanização Controlada de acordo com Decreto Municipal, também são permitidas atividades agrícolas e construções, mas com normas menos rígidas que aquelas definidas para a subzona 2. A subzona 4 engloba as microbacias dos córregos Serraria e do Horto, é destinada ao uso agrícola obedecendo normas que não promovam a deriva de defensiva para a Estação Ecológica.

Na área da ZA, são encontradas as seguintes classes de ocupação: campo sujo/úmido – áreas de pastagem abandonadas com indícios de regeneração natural e áreas brejosas com indícios de vegetação nativa herbácea ou arbustiva nas margens de cursos d'água; campo pastagem – áreas de pastagens em uso ou recentemente abandonadas; capoeira – áreas com vegetação nativa em estágio inicial de regeneração; canaviais; laranjais; eucalipto; florestas – áreas de vegetação nativa em avançado estado de regeneração e florestas maduras; reservatórios de água – lagos naturais e reservatórios artificiais; anel viário de Ribeirão Preto; sede rural – sedes de fazendas e pequenas construções rurais, incluindo área de entorno das residências, como quintais e pomares; área institucional – antenas institucionais e sede da EERP; área urbana – bairros, loteamentos e áreas de lazer da cidade de Ribeirão Preto.

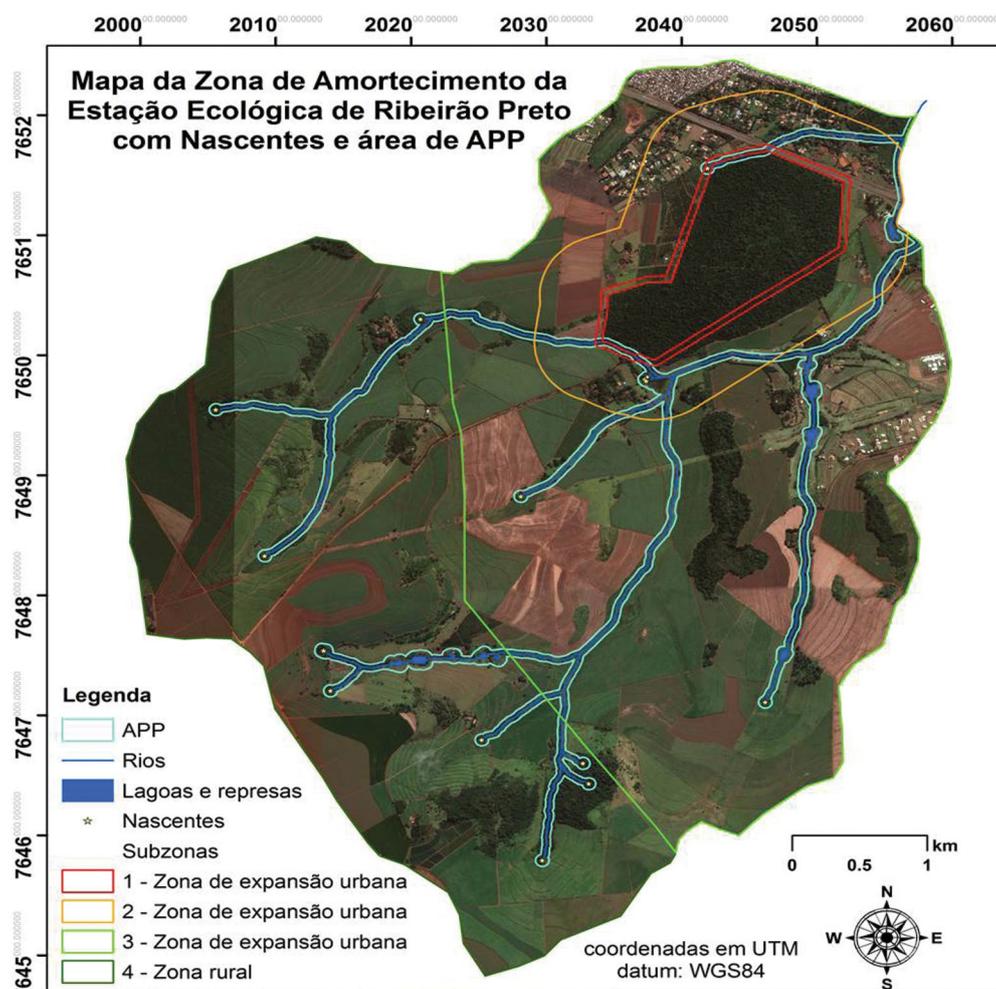


Figura 1. Localização da Zona de Amortecimento (limite em amarelo) da Estação Ecológica de Ribeirão Preto (EERP, limite em vermelho), Estado de São Paulo, Brasil. Mapa retirado do Plano de Manejo da Estação Ecológica de Ribeirão Preto (Leonel et al., 2010).

Figure 1. Location of the Buffer Zone (yellow edges) of the Ribeirão Preto Ecological Station (red edges), São Paulo state, Brazil. Map taken from the Management Plan of the Ribeirão Preto Ecological Station (Leonel et al., 2010),

Para a caracterização da biodiversidade da ZA, foram realizados levantamentos de vertebrados terrestres e da flora, especialmente do componente arbóreo, nos quatro maiores fragmentos florestais denominados 1, 2, 3a e 3b, indicados na Figura 2. Os dados amostrados nos fragmentos 3a e 3b foram analisados conjuntamente devido à sua proximidade.

O inventário da fauna de vertebrados terrestres foi realizado entre os meses de janeiro e março de 2011. As amostragens da mastofauna de médio-grande porte foram realizadas através de armadilhas fotográficas e iscas,

com esforço amostral de 51 armadilhas/noite. Também foram considerados registros ocasionais, como registros visuais, sonoros, de pegadas e de fezes, além de entrevistas com moradores locais. O levantamento da avifauna foi realizado através de caminhadas por trilhas já existentes nos fragmentos, com esforço amostral de 15 visitas e 38h50min de observação. O levantamento de répteis e anfíbios foi realizado a partir de busca direta com 42h de amostragem e de 20 transectos de tamanhos variados. Em ambos os casos, foram registrados avistamentos, vocalizações, ninhos de espumas, pegadas e tocas.

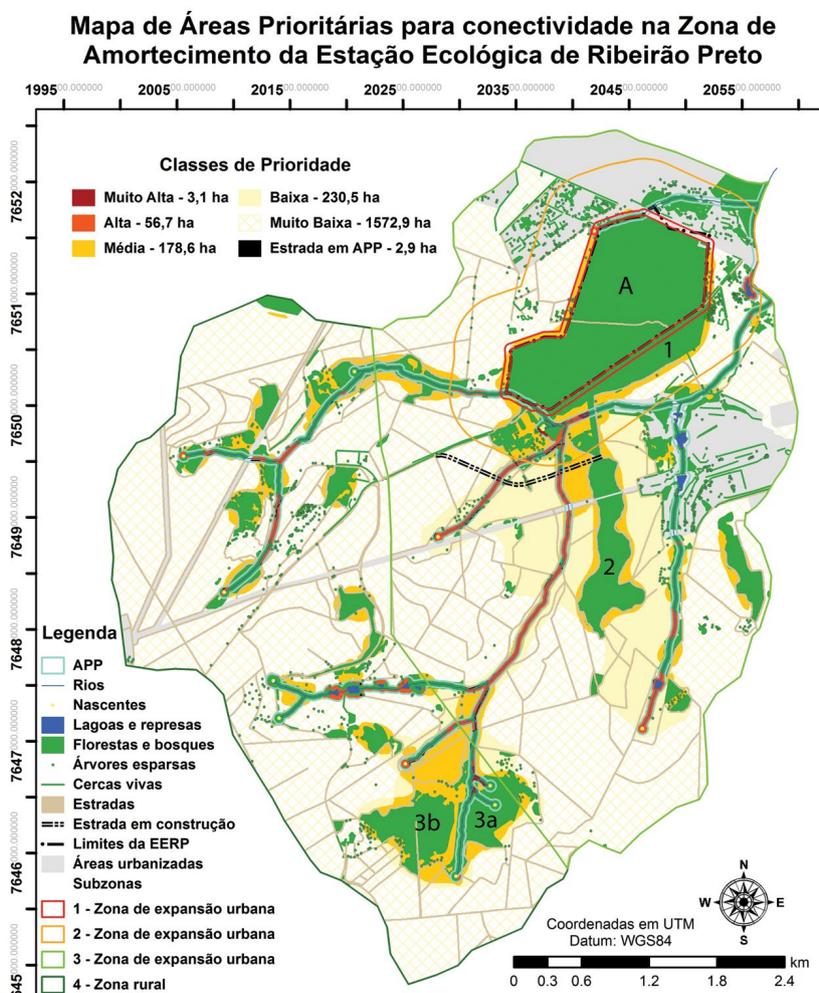


Figura 2. Mapa de áreas prioritárias para o restabelecimento da conectividade estrutural entre os fragmentos florestais presentes na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto. A- fragmento que compõe a Estação Ecológica de Ribeirão Preto. 1, 2, 3a e 3b – fragmentos amostrados neste estudo.

Figure 2. Map of priority areas for the reestablishment of the connectivity between forest remnants of the Buffer Zone of the Ribeirão Preto Ecological Station. A- Ribeirão Preto Ecological Station. 1, 2, 3a and 3b – forest remnants sampled during the study.

O levantamento expedito das espécies arbóreas ocorrentes nos fragmentos 2, 3a e 3b foi realizado através de caminhadas na borda de todos os fragmentos, além de quatro trilhas orientadas no sentido borda-centro. Para o fragmento 1 foram utilizados, para compor a lista de espécies, os dados de levantamento fitossociológico realizado por Camargo (2008).

As áreas prioritárias para restauração foram selecionadas através do cruzamento de três mapas temáticos (bases 1, 2 e 3) utilizando programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algebrico) no programa SPRING (Camara et al., 1996). Foram definidas classes de prioridade muito alta, alta, média, baixa e muito baixa, considerando-se a sobreposição de indicações de cada uma das três bases segundo as regras apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Regras para a definição das áreas prioritárias considerando as três bases utilizadas: base 1 – recuperação de Áreas de Preservação Permanente; base 2 – recuperação de áreas com maior resiliência; base 3 – recuperação da conectividade entre os maiores fragmentos da ZA.

Table 1. Rules for the definition of the priority areas considering the three bases used: base 1 – recovering of Permanent Preservation Areas; base 2 – recovery of higher resilient areas; base 3 – recovering of the connectivity among larger forest fragments of BZ.

Prioridade	Sobreposição das Indicações
Muito alta	bases 1 e 2 e 3
Alta	apenas base 1
Média	apenas base 2
Baixa	apenas base 3
Muito baixa	sem indicação

A base 1 representa os limites legais das Áreas de Proteção Permanente – APPs relacionadas aos recursos hídricos, segundo a antiga legislação ambiental à época da realização deste trabalho. O Código Florestal Brasileiro foi recentemente alterado, sendo o atual (Lei 12.651/2012) (Brasil, 2012) menos restritivo que o anterior (Lei 4.771/1965) (Brasil, 1965) e, portanto, menos eficiente do ponto de vista ambiental (Metzger, 2010; Metzger et al., 2010). Optamos por manter as análises feitas com base no antigo código florestal, que prevê APPs de 30 m ao longo dos rios e 50 m ao redor de nascentes, como apresentado nos relatórios finais à Unidade de Conservação. A drenagem foi extraída de cartas topográficas do Instituto Geográfico e Geológico – IGC na escala 1:10.000 de 1983/84, e corrigida com base na imagem do Satélite Geoeye-1 e em visitas a campo. As APPs já ocupadas por vegetação nativa foram subtraídas dessa base e as restantes foram indicadas para restauração. A restauração de APPs foi considerada prioritária por combinar aumento das áreas de habitat, aumento de conectividade entre os fragmentos da ZA, proteção dos recursos hídricos e possuir respaldo na legislação.

A base 2 foi gerada pela análise “*moving windows*” do programa FRAGSTAT (McGarigal et al., 2002) e indica para restauração áreas da matriz que apresentaram pelo menos 30% de áreas verdes com espécies arbóreas considerando um raio de 150 m. Segundo Pardini et al. (2010), essas áreas são mais adequadas para projetos de reflorestamento por estarem menos isoladas e, portanto, possuírem maior resiliência, tornando mais viável financeiramente o processo de recuperação florestal.

A base 3 foi proposta com o objetivo de promover o aumento do fluxo entre os fragmentos e minimizar os impactos dos efeitos de borda nos maiores fragmentos da ZA. As árvores isoladas, cercas vivas, áreas urbanas, estradas e carreadores de cana também foram digitalizadas e incluídas no mapa de áreas prioritárias.

Para a execução do projeto houve o envolvimento de organizações sociais, políticas e ambientais com interesse no uso e ocupação do solo na ZA. Aos proprietários de áreas localizadas na ZA que participaram, foram propostos projetos individuais de recuperação de suas áreas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ZA possui 505,34 ha (17,7%) de sua área total ocupada por áreas verdes (habitat), distribuídos em 129 manchas de vegetação com média de $3,8 \pm 12,8$ ha. Dos fragmentos encontrados, 87,5% têm área igual ou menor que 5 ha, com apenas seis fragmentos maiores que 20 ha, incluindo a Estação Ecológica de Ribeirão Preto (Figura 1). Os fragmentos de mata nativa em diferentes estádios de conservação somaram 98,9% do total de áreas verdes e as manchas de pomar e silvicultura somaram 1,1%. A distância de cada fragmento ao seu vizinho mais próximo varia de 8 a 626 m, com média de $71,7 \pm 93,4$ m. A baixa proporção de habitat, a pequena área média e o alto grau de isolamento dos fragmentos indicam a intensa fragmentação da vegetação da ZA.

Nos fragmentos 1, 2 e 3, foram amostradas 247 espécies, sendo 123 espécies de vertebrados e 124 espécies vegetais. O fragmento 1 apresentou o maior número de espécies animais e vegetais, o que deve estar relacionado à sua elevada riqueza de espécies arbóreas (Tabela 2, listas das espécies no Anexo I, Tabelas II.1 a II.4) devido à sua localização contígua à EERP da qual é separado somente por uma estrada que foi fechada ao tráfego de veículos recentemente.

Nos fragmentos 1, 2 e 3, foram registradas 14 espécies de mamíferos pertencentes a sete ordens e 10 famílias, 96 espécies de aves (18 ordens e 33 famílias) e 13 espécies da herpetofauna de duas ordens e quatro famílias.

Das aves, 80 espécies ocupavam efetivamente os remanescentes florestais amostrados, enquanto as demais foram registradas sobrevoando entre os fragmentos.

O inventário florístico revelou a presença de 124 espécies, distribuídas em 87 gêneros e 41 famílias, das quais cinco são exóticas não invasoras e três são exóticas invasoras. As famílias mais frequentes foram Meliaceae, Fabaceae/Mimosoidea, Rutaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae/Caesalpinioidea e Malvaceae. Entre as classes sucessionais, a maioria das espécies registradas são secundárias iniciais ou pioneiras e a forma de dispersão dominante de suas sementes é a zoocórica (Tabela 3).

Tabela 2. Riqueza de espécies registrada por fragmento e por grupo de organismo.

Table 2. Species richness recorded in each fragment and group of organism.

Grupo	Fragmento 1	Fragmento 2	Fragmento 3	Total
Mastofauna	3	8	14	14
Avifauna	75	73	65	96
Herpetofauna	10	0	4	13
Flora arbórea	94	32	21	124
Total	182	113	104	247

Tabela 3. Número total – Nsp. e frequência relativa – Freq. Rel. de espécies por classe sucessional e síndrome de dispersão. Legenda para atributos Classe Sucessional: P – pioneira, Si – secundária inicial; St – secundária tardia; C – climácica; U – umbrófila; Nclas – não classificada. Legenda atributos Síndrome de Dispersão: Ane – anemocórica; Zoo – zoocórica; Auto – autocórica; Baro – barocórica.

Table 3. Total number – Nsp. and relative frequency – Freq Rel of tree species in each successional class and dispersion syndrome. Successional groups: P – pioneer; Si – early secondary; St – late secondary; C – climax; U – ombrophilous. Nclas – not classified. Dispersal Syndromes: Ane – anemochorous; Zoo – zoochorous; Auto – autochorous; Baro – barochorous.

	Classes Sucessional						Síndrome de Dispersão				
	P	Si	St	C	U	Nclas	Ane	Zoo	Auto	Baro	Ncls
Nsp.	30	53	17	5	7	12	30	63	19	1	11
Freq. Rel.	24,2	42,7	13,7	4,0	5,6	9,7	24,2	50,8	15,3	0,8	8,9

As classes de prioridade de restauração florestal “muito alta” e “alta” somam 60 ha de área e coincidem com as APPs (Figura 2). As áreas com prioridade de restauração “média” somam 177,9 ha e são eficazes para mitigar os impactos dos efeitos de borda, pois diminuem a relação perímetro/área e aumentam o tamanho dos fragmentos. A restauração florestal, indicada para as áreas com as classes de prioridade “muito alta”, “alta” e “média”, representaria a recuperação de aproximadamente 8% da área da ZA, totalizando cerca de 25% de habitat, ao invés dos atuais 17,7%. Além disso, a Figura 2 mostra que um plano de reflorestamento dessas áreas conectaria a maioria dos fragmentos da ZA. O mapa de áreas prioritárias para a conectividade na ZA apresenta diretrizes realistas e factíveis, considerando que o município de Ribeirão Preto está em franco crescimento (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010).

Algumas espécies de vertebrados e de árvores são boas indicadoras da qualidade ambiental (Willis, 1979; Loiselle e Blake, 1992; Groom et al., 2006; Loebmann, 2005; Reis et al., 2011; Wright et al., 2000). Os dados levantados mostram que a ZA apresenta-se extremamente fragmentada e com uma biodiversidade típica de áreas degradadas. Apesar da maioria dos vertebrados registrados ser generalista e pouco sensível a alterações ambientais, também foram registradas espécies que se encontram em listas das ameaçadas de extinção, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a onça-parda (*Puma concolor*), a jandaia-de-testa-vermelha (*Aratinga auricapillus*) e o pica-pau-de-topete-vermelho (*Campephilus melanoleucos*). Também foram encontradas espécies vegetais especialistas de ambientes florestais com destaque para o jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), espécie de arbusto ameaçado de extinção, além de espécies vulneráveis à extinção, como o guaritá (*Astronium graveolens*), o ipê-tabaco (*Zeyheria tuberculosa*) e o cedro (*Cedrella fissilis*) (Martinelli e Moraes, 2013). Assim, a recuperação das áreas com prioridades “alta” e “muito alta” de restauração (Figura 2) pode colaborar na manutenção dessas espécies na ZA, reduzindo o efeito do débito de extinção (Tilman et al., 1994).

O mapa de prioridades apresenta algumas informações altamente detalhadas e raras em mapeamentos similares e uma delas é a extensão

de estradas em APPs que ocupam 3,4 ha (2,23% do total) das mesmas e que, na maioria dos casos, correm paralelas aos rios. Esses trechos de estrada funcionam como potenciais fontes de sedimentos que contribuem para o assoreamento dos rios. Portanto, enfatiza-se a necessidade de se redesenhar essas estradas, que são na maioria dos casos carregadores de cana, de forma que cruzem APPs apenas perpendicularmente em alguns poucos pontos estratégicos para transpor os córregos.

Outra informação relevante é relacionada às árvores isoladas e às cercas vivas, elementos importantes para aumentar a permeabilidade da matriz (Manning et al., 2006). O baixo número de árvores isoladas não permite que esses elementos tenham um papel ecológico significativo na ZA. A ampliação da arborização das estradas e carregadores existentes, exceto aqueles localizados em APPs que devem ser reflorestados, apresenta-se como uma alternativa simples e economicamente viável para aumentar a permeabilidade da matriz na área estudada.

Para promover o aumento do fluxo entre os fragmentos e minimizar os impactos dos efeitos de borda nos maiores fragmentos da ZA, foi proposta a conexão via APP ciliar entre os fragmentos 1 e 3b e o aumento de área para os fragmentos 1, 2, 3a e 3b.

A implantação de corredores tem sido uma importante estratégia para a conservação da biodiversidade (Rosenberg et al., 1997; Fischer et al., 2006), pois aumentam a troca de indivíduos entre populações (Haddad, 1999; Tewksbury et al., 2002; Metzger, 2010) e a persistência destas nos fragmentos, diminuindo as taxas de extinção local e aumentando as taxas de colonização. Os corredores são fundamentais para um fluxo de organismos que seria inexistente em áreas onde a matriz circundante é pouco permeável, como a encontrada na ZA (Fischer et al., 2006).

Os corredores ripários apresentados na Figura 2, que correspondem às classes de prioridade “muito alta” e “alta”, são relativamente estreitos (60 m). Esses corredores são facilmente dominados pelo efeito de borda e garantem apenas a conservação de espécies generalistas e resistentes a ambientes alterados (Lopes et al., 2009; Metzger, 2010). Ainda assim, sua presença é significativa para a manutenção da biodiversidade, a proteção dos recursos hídricos e a manutenção de polinizadores (Fischer et al., 2006; Borges et al., 2011).

Segundo Haddad (1999), corredores dentro de qualquer paisagem têm efeitos positivos, negativos ou neutros para diferentes espécies, pois sua eficácia é específica para as espécies e a paisagem. É importante monitorar o fluxo de organismos e o uso do solo na região-alvo, para se avaliar como as diferentes espécies (especialistas e generalistas) estão respondendo às alterações na configuração da paisagem provocadas pela implantação de corredores florestais. Em pequenos fragmentos, como é o caso dos mapeados, investimentos no aumento de área são mais efetivos que corredores, caso o aumento seja suficiente para que o fragmento ultrapasse o tamanho mínimo requerido para manter populações viáveis das espécies-alvo (Falcó e Estades, 2007).

Ainda, o custo-benefício de se reflorestar varia de acordo com a quantidade de vegetação remanescente no entorno da área a ser reflorestada, independentemente se a estratégia escolhida for a formação de corredores ou o aumento de área (Pardini et al., 2010). Desse modo, os reflorestamentos devem ser implantados em áreas com porcentagem de habitat relativamente alta e com maior capacidade de resiliência (Pardini et al., 2010), ou em áreas ciliares, especialmente importantes para a manutenção dos recursos hídricos (Naiman et al., 1993; Metzger, 2010; Borges et al., 2011).

Assim, o mapa de áreas prioritárias indica a instalação de corredores florestais aproveitando os locais em que a recuperação florestal é obrigatória por lei (APPs, Figura 2), minimizando o custo de adequação para os proprietários. Ao mesmo tempo, as áreas com prioridade “média” dão ênfase ao aumento das áreas dos fragmentos e à redução da relação perímetro/área, o que torna os fragmentos menos sujeitos aos efeitos de borda.

Os proprietários que aderiram ao Projeto Conexão Verde receberam projetos individuais de restauração elaborados com base nos levantamentos realizados e na legislação (especialmente na Resolução 08/SMA/SP) para serem desenvolvidos em áreas de suas propriedades, que foram indicadas no mapa. No Anexo II, encontra-se o modelo de formulário utilizado para a preparação de tais projetos.

No Plano de Manejo da EERP (Leonel et al., 2012), o Projeto Conexão Verde aparece como Encarte 6, em suas páginas 203 a 215. Assim, esse Plano indica a necessidade de conexão da UC com remanescentes da Zona de Amortecimento,

incorporando as propostas e conclusões do Projeto Conexão Verde como estratégias adequadas para o seu manejo e seu mapa de prioridades como base para as ações na ZA.

4 CONCLUSÕES

Pode-se considerar que esse trabalho, previsto pelo Plano de Manejo da EERP, alcançou a desejável articulação institucional entre equipe técnica, proprietários rurais, sindicato rural, órgãos governamentais e lideranças locais. Os resultados obtidos tiveram a aprovação de todos os envolvidos direta ou indiretamente com a gestão da Unidade de Conservação e sua ZA, sendo uma excelente ferramenta auxiliar de gerenciamento e podem ser utilizados em futuros projetos de recuperação das áreas degradadas em parceria com os proprietários rurais.

A opção sugerida pelo Projeto Conexão Verde de que devem ser usadas técnicas para a restauração em detrimento daquelas de recuperação, entendidas de acordo com a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, foi acatada e aprovada em seu Plano de Manejo.

A partir do mapa gerado foi possível propor estratégias para a minimização dos impactos da urbanização na conservação da biodiversidade, na proteção do solo e na recuperação dos recursos hídricos. Assim, as ações de recuperação devem priorizar áreas próximas ou inseridas nos polígonos das classes de prioridade “muito alta”, “alta” ou “média” e deve-se salientar a urgência para o desenvolvimento de ações concretas para o restabelecimento da conectividade dos fragmentos da ZA da EERP, evidenciada pelo alto grau de fragmentação e isolamento das áreas verdes. Para tanto, devem ser incentivados projetos de manejo das áreas degradadas para o restabelecimento da conectividade, o que já foi iniciado através da entrega de propostas individuais aos proprietários que aderiram ao Projeto Conexão Verde para a restauração das áreas indicadas em suas propriedades.

Ainda, deve ser salientado que a metodologia utilizada para determinar as áreas prioritárias para conectividade foi abrangente e resultou num mapa confiável e realista.

ANEXO I

Espécies da flora e da fauna registradas na área da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto

Tabela II.1. Mastofauna registrada na área da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto. Foi utilizada a nomenclatura de Wilson e Reeder (2005), Reis et al. (2011). *Status* de conservação: VU – vulnerável, AM – ameaçada, EX – espécie exótica (introduzida de outro país). *São Paulo (2014), **Brasil (2014),

Table II.1. Mammalian fauna recorded in the Buffer Zone area of the Ribeirão Preto Ecological Station. Nomenclatures used are in accordance to Wilson and Reeder (2005), Reis et al. (2011). Conservation status: VU – vulnerable, AM – threatened, EX – Exotic species, introduced from another country. *São Paulo, 2014, **Brasil (2014).

ORDEM/Família	Espécies	Nomes populares
DIDELPHIMORPHIA		
Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	gambá-de-orelha-branca
CINGULATA		
Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i> (Lund, 1758)	tatu galinha
	<i>Euphractus sexcinctus</i> (Lund, 1758)	tatu-peba
PRIMATES		
Cebidae	<i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy, 1812)	sagui-de-tufo-preto
	<i>Sapajus nigritus</i> (Goldfuss, 1809)	macaco-prego
CARNIVORA		
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758) AM*	jaguaritica
	<i>Puma yagouaroundi</i> (É. Geoffroy, 1803) VU**	gato-mourisco
	<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771) VU** AM*	onça-parda
CARNIVORA		
Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato
ARTIODACTYLA		
Cervidae	<i>Mazama gouazoubira</i> (Fischer, 1814)	veado-catingueiro
ARTIODACTYLA		
Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	cateto
RODENTIA		
Caviidae	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	capivara
RODENTIA		
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta azarae</i> (Lichtenstein, 1823)	cutia
LAGOMORPHA		
Leporidae	<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778) EX	lebre-europeia

Tabela II.2. Avifauna registrada na área da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto. Status de conservação: VU – vulnerável, PA – provavelmente/quase ameaçada. *São Paulo (2014), **International Union for Conservation of Nature – IUCN (2014).

Table II.2. Avifauna recorded in the Buffer Zone area of the Ribeirão Preto Ecological Station. Conservation status: VU – vulnerable, PA – probably/near threatened. *São Paulo (2014); **International Union for Conservation of Nature – IUCN (2014).

ORDEM/Família	Espécies	Nomes populares
TINAMIFORMES		
Tinamidae	<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827)	inhambu-chororó
ANSERIFORMES		
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i> (Linnaeus, 1758)	asa-branca
	<i>Amazonetta brasiliensis</i> (Gmelin, 1789)	pé-vermelho
ELECANIFORMES		
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	garça-vaqueira
	<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	garça-branca-grande
	<i>Syrigma sibilatrix</i> (Temminck, 1824)	maria-faceira
THRESKIORNITHIDAE		
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i> (Gmelin, 1789)	coró-coró
CATHARTIFORMES		
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758)	urubu-de-cabeça-vermelha
	<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	urubu-de-cabeça-preta
ACCIPITRIFORMES		
Accipitridae	<i>Ictinia plumbea</i> (Gmelin, 1788)	sovi
	<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	gavião-carijó
	<i>Buteo brachyurus</i> Vieillot, 1816	gavião-de-cauda-curta
FALCONIFORMES		
Falconidae	<i>Caracara plancus</i> Miller, 1777	caracará
	<i>Milvago chimachima</i> Vieillot, 1816	carrapateiro
GRUIFORMES		
Rallidae	<i>Aramides cajanea</i> (Müller, 1776)	saracura-três-potes
CARIAMIFORMES		
Cariamidae	<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	seriema
CHARADRIIFORMES		
Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	quero-quero
COLUMBIFORMES		
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	rolinha-roxa
	<i>Columbina squammata</i> Lesson, 1831	fogo-apagou
	<i>Patagioenas picazuro</i> Temminck, 1813	pombão
	<i>Patagioenas cayennensis</i> (Bonnaterre, 1792)	pomba-galega
	<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	pomba-de-bando
	<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	juriti-pupu

continua
to be continued

continuação – Tabela II.2
 continuation – Table II.2

ORDEM/Família	Espécies	Nomes populares
PSITTACIFORMES		
Psittacidae	<i>Aratinga leucophthalma</i> (Statius Müller, 1776)	periquitão-maracanã
	<i>Aratinga auricapillus</i> (Kuhl, 1820) PA**	jandaia-de-testa-vermelha
	<i>Aratinga aurea</i> (Gmelin, 1788)	periquito-rei
	<i>Forpus xanthopterygius</i> (Spix, 1824)	tuim
	<i>Brotogeris chiriri</i> (Vieillot, 1818)	periquito-de-encontro-amarelo
	<i>Amazona amazonica</i> (Linnaeus, 1766) VU*	curica
CUCULIFORMES		
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	alma-de-gato
	<i>Coccyzus melacoryphus</i> Vieillot, 1817	papa-lagarta-acanelado
	<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	anu-preto
STRIGIFORMES		
Tytonidae	<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	coruja-da-igreja
	<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	coruja-buraqueira
CAPRIMULGIFORMES		
Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	mãe-da-lua
	<i>Hydropsalis albicollis</i> (Gmelin, 1789)	bacurau
	<i>Hydropsalis torquata</i> (Gmelin, 1789)	bacurau-tesoura
APODIFORMES		
Apodidae	<i>Streptoprocne</i> sp. Oberholser, 1906	taperuçu
	<i>Chaetura meridionalis</i> Hellmayr, 1907	andorinhão-do-temporal
	<i>Tachornis squamata</i> (Cassin, 1853) VU*	andorinhão-do-buriti
	<i>Eupetomena macroura</i> Gmelin, 1788	beija-flor-tesoura
	<i>Amazilia lactea</i> (Lesson, 1829)	beija-flor-de-peito-azul
PICIFORMES		
Ramphastidae	<i>Ramphastos toco</i> Statius (Müller, 1776)	tucanuçu
PICIFORMES		
Picidae	<i>Picumnus albosquamatus</i> (D'Orbigny, 1840)	pica-pau-anão-escamado
	<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	pica-pau-branco
	<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	picapauzinho-anão
	<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	pica-pau-verde-barrado
	<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	pica-pau-do-campo
	<i>Dryocopus lineatus</i> (Linnaeus, 1766)	pica-pau-de-banda-branca
	<i>Campephilus melanoleucos</i> (Gmelin, 1788) VU*	pica-pau-de-topete-vermelho

continua
 to be continued

continuação – Tabela II.2
 continuation – Table II.2

ORDEM/Família	Espécies	Nomes populares
PASSERIFORMES		
Thamnophilidae	<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	choró-boi
	<i>Thamnophilus doliatus</i> (Linnaeus, 1764)	choca-barrada
	<i>Thamnophilus pelzelni</i> (Hellmayr, 1924)	choca-do-planalto
	<i>Dysithamnus mentalis</i> (Temminck, 1823)	choquinha-lisa
	<i>Herpsilochmus atricapillus</i> (Pelzeln, 1868)	chorozinho-de-chapéu-preto
PASSERIFORMES		
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	arapaçu-de-cerrado
PASSERIFORMES		
Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	joão-de-barro
	<i>Synallaxis frontalis</i> (Pelzeln, 1859)	petrim
PASSERIFORMES		
Rynchocyclidae	<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	ferreirinho-relógio
PASSERIFORMES		
Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	guaracava-de-barriga-amarela
	<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	risadinha
	<i>Colonia colonus</i> (Vieillot, 1818)	viuvinha
	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi
	<i>Myiodynastes maculatus</i> (Statius Müller, 1776)	bem-te-vi-rajado
	<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	neinei
	<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	peitica
	<i>Tyrannus albogularis</i> (Burmeister, 1856)	suiriri-de-garganta-branca
	<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	suiriri
	<i>Myiarchus ferox</i> (Gmelin, 1789)	maria-cavaleira
	<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Statius Müller, 1776)	maria-cavaleira-de-rabo-enferrujado
PASSERIFORMES		
Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	pitiguari
	<i>Vireo olivaceus</i> (Linnaeus, 1766)	juruviara
PASSERIFORMES		
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817)	andorinha-pequena-de-casa
PASSERIFORMES		
Troglodytidae	<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	corruira
	<i>Cantorchilus leucotis</i> (Lafresnaye, 1845)	garrinchão-de-barriga-vermelha
PASSERIFORMES		
Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818)	sabiá-barranco
	<i>Turdus amaurochalinus</i> (Cabanis, 1850)	sabiá-poca

continua
 to be continued

continuação – Tabela II.2
 continuation – Table II.2

ORDEM/Família	Espécies	Nomes populares
PASSERIFORMES		
	Mimidae <i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	sabiá-do-campo
	<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	cambacica
PASSERIFORMES		
	Thraupidae <i>Nemosia pileata</i> (Boddaert, 1783)	saíra-de-chapéu-preto
	<i>Thlypopsis sordida</i> (D'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	saí-canário
	<i>Lanio cucullatus</i> (Statius Müller, 1776)	tico-tico-rei
	<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaçu-cinzento
	<i>Tersina viridis</i> (Illiger, 1811)	saí-andorinha
	<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saí-azul
	<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-de-papo-preto
	<i>Conirostrum speciosum</i> (Temminck, 1824)	figuinha-de-rabo-castanho
PASSERIFORMES		
	Emberizidae <i>Zonotrichia capensis</i> (Müller, 1776)	tico-tico
	<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	tico-tico-do-campo
	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	tiziu
	<i>Sporophila caerulescens</i> (Vieillot, 1823)	coleirinho
PASSERIFORMES		
	Parulidae <i>Geothlypis aequinoctialis</i> (Gmelin, 1789)	pia-cobra
	<i>Basileuterus flaveolus</i> (Baird, 1865)	canário-do-mato
PASSERIFORMES		
	Icteridae <i>Icterus cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	encontro
PASSERIFORMES		
	Fringillidae <i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	fim-fim

Tabela II.3. Herpetofauna registrada na área da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto.

Table II.3. Herpetofauna recorded in the Buffer Zone area of the Ribeirão Preto Ecological Station.

ORDEM/Família	Espécie	Nomes populares
SQUAMATA		
Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)	lagarto verde
	<i>Tupinambis teguixin</i> (Linnaeus, 1758)	teiú
ANURA		
Bufonidae	<i>Rhinella schneideri</i> (Werner, 1894)	sapo-cururu
ANURA		
Hylidae	<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger, 1889)	pererequinha-do-brejo
	<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	sapo-ferreiro
	<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix, 1824)	perereca-cabrinha
	<i>Hypsiboas</i> sp. (Wagler, 1830)	perereca
	<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	perereca
	<i>Scinax eurydice</i> (Bokermann, 1968)	raspa-cuia
ANURA		
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix, 1824)	rã-pimenta
	<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	rã-assobiadora
	<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	rã-marrom
	<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger, 1826	rã-cachorro

Tabela II.4. Famílias e espécies botânicas identificadas nos fragmentos florestais presentes na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Ribeirão Preto (SP). *espécies encontradas apenas no Fragmento 1 (dados de Camargo, 2008), **espécies encontradas no fragmento 1 e no fragmento 2 e/ou 3.

Table II.4. Botanical families and species recorded in the forest remnants present in the Buffer Zone of the Ribeirão Preto Ecological Station (SP). *species found only in remnant #1 (Camargo data, 2008), **species found in remnant #1 and remnants #2 and/or 3 (see remnants location in the Figure 2).

Famílias/Espécies	Nomes populares
ANACARDIACEAE	
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.**	guaritá
<i>Schinus molleoides</i> Vell.	aroeira-branca
<i>Mangifera indica</i> L.	manga, exótica
ANNONACEAE	
<i>Annona</i> sp.*	araticum
<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hil.**	pindaíba
APOCYNACEAE	
<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.*	peroba-poca
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.*	peroba-rosa
<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll.Arg.*	matiambu
ARALIACEAE	
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. et Planch.*	morototó
ARECACEAE	
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman*	jerivá
ASTERACEAE	
<i>Bidens gardneri</i> Baker	
BIGNONIACEAE	
<i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo	ipê roxo
<i>Tabebuia</i> sp.*	
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	ipê-de-jardim, exótica
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl*	ipê-tabaco bolsa-de-pastor
BORAGINACEAE	
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.*	chá-de-bugre, louro-mole
<i>Trema micranta</i> (L.) Blume*	grandiúva, pau-pólvora
CARICACEAE	
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.*	jaracatiá
CELASTRACEAE	
<i>Maytenus robusta</i> Reissek*	cafezinho, coração-de-bugre
CHRYSOBALANACEAE	
<i>Licania kunthiana</i> Hook.f.	marinheiro
CYPERACEAE	
<i>Cyperus ferax</i> Rich.	
<i>Cyperus</i> sp.	

continua
to be continued

continuação – Tabela II.4
 continuation – Table II.4

Famílias/Espécies	Nomes populares
EUPHORBIACEAE	
<i>Actinostemon conceptionis</i> (Chodat. & Hassl.) Hochr.*	fedorenta
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Engl.*	tapiá
<i>Croton floribundus</i> Spreng.*	capixingui
<i>Croton piptocalix</i> Müll.Arg.*	caixeta
<i>Croton urucurana</i> Baill.*	sangra-d'água
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax*	mata-olho, teiteiro
<i>Sebastiania</i> sp.*	
FABACEAE	
CAESALPINIOIDEAE	
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.**	copaíba, óleo-de-copaíba
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli**	alecrim-de-campinas
<i>Hymenaea courbaril</i> L.**	jatobá
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.**	amendoim
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake**	guapuruvu
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barn.*	pau-fava
<i>Bauhinia</i> sp.**	pata-de-vaca
FABOIDEAE	
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	araribá
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.*	sapuvussu, caviúna
<i>Machaerium</i> sp.	
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel*	sapuva
<i>Machaerium villosum</i> Vogel*	jacarandá-paulista
<i>Platycyamus regnelii</i> Benth.**	pau-pereira
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	
MIMOSOIDEAE	
<i>Acacia polyphylla</i> DC.*	monjoleiro
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	farinha-seca
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	angico
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	tamboril
Fabaceae 1	
<i>Inga</i> sp.*	ingá
Mimosaceae 1*	
Mimosaceae 2*	
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.**	cabreúva
LAMIACEAE	
<i>Hyptis</i> sp.	

continua
to be continued

continuação – Tabela II.4
 continuation – Table II.4

Famílias/Espécies	Nomes populares
LAURACEAE	
<i>Cryptocarya</i> sp.*	
Lauraceae 1*	
Lauraceae 2*	
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez*	
LECYTHIDACEAE	
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze**	canelinha
MALVACEAE	
<i>Christiana macrodon</i> Toledo*	jequitibá-branco
<i>Eriotheca</i> sp.*	
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	
<i>Luehea</i> sp.*	açoita-cavalo, ibatingui
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns*	imbiruçu
MARANTHACEAE	
<i>Calathea</i> sp.	
<i>Maranta</i> sp.	
MELIACEAE	
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.*	cedro, cedro-rosa
<i>Guarea guidonea</i> (L.) Sleumer*	marinheiro, camboatã
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.*	marinheiro
<i>Trichilia casaretti</i> C.DC.*	catiguá
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.*	catiguá
<i>Trichilia clausseii</i> C.DC.**	catiguá-vermelho
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.*	catiguazinho, pau
<i>Trichilia hirta</i> L.*	catiguá-do-mato ou branco
<i>Trichilia pallida</i> Swartz*	catiguá
<i>Trichilia</i> sp.	
MONIMIACEAE	
<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.*	
MORACEAE	
<i>Ficus guaranitica</i> Chodat*	figueira-brava, mata-pau
<i>Ficus</i> sp.	
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.*	taiúva
MYRISTICACEAE	
<i>Virola sebifera</i> Aubl.*	ucuúba-vermelha
<i>Virola</i> sp.	

continua
 to be continued

continuação – Tabela II.4
 continuation – Table II.4

Famílias/Espécies	Nomes populares
MYRTACEAE	
<i>Eucalyptus</i> sp.	eucalipto, exótica
Myrtaceae 1*	
Myrtaceae 2*	
Myrtaceae 3*	
NYCTAGINACEAE	
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell*	maria-mole
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz*	maria-mole
OCHNACEAE	
<i>Ouratea castanaefolia</i> (DC.) Engl.*	folha-de-castanha
ONAGRACEAE	
<i>Ludwigia peploides</i> (Kunth) P.H.Raven	
PHYTOLACACEAE	
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms**	pau-d' alho
PIPERACEAE	
<i>Piper amalago</i> L.*	falso-jaborandi
<i>Piper</i> sp.	
PROTEACEAE	
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch*	carne-de-vaca
RAMNACEAE	
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek*	saguaraji
RUBIACEAE	
<i>Coffea arabica</i> L.	café, exótica
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.*	quina, quineira
<i>Psychotria</i> sp.*	
Rubiaceae 1*	
Rubiaceae 2*	
Rubiaceae 3*	
RUTACEAE	
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.*	pau-marfim
<i>Esenbeckia febrifuga</i> (A.St.-Hil.) A.Juss. ex Mart.*	mamoninha
<i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl.	guarantã
<i>Galipea jasminiflora</i> (A.St.-Hil.) Engl.*	guamixinga
<i>Metrodorea nigra</i> A.St.-Hil.**	caputuna-preta, carrapateira
<i>Pilocarpus microphyllus</i> Skourpa	jaborandi
<i>Zanthoxylum</i> sp.*	
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.*	mamica-fedorenta

continua
 to be continued

continuação – Tabela II.4
 continuation – Table II.4

Famílias/Espécies	Nomes populares
SALICACEAE	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.*	guaçatonga, lagarteira
<i>Xylosma</i> sp.*	
SAPINDACEAE	
<i>Alophyllus sericeus</i> (St. Hil.) Radlk.*	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.*	camboatã, gravoatã
<i>Matayba</i> sp.	
SAPOTACEAE	
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	aguai
Sapotaceae 1*	
SOLANACEAE	
<i>Solanum argenteum</i> Dunal*	folha-prata
<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal*	
<i>Solanum</i> sp.	
STERCULIACEAE	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	mutamba, embira
URTICACEAE	
<i>Cecropia pachystachhya</i> Trécul.*	embaúba-branca
<i>Cecropia</i> sp.	
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.**	urtiga
VERBENACEAE	
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.)*	lixreira
VOCHYSIACEAE	
<i>Qualea</i> sp.*	

Anexo II

Formulário utilizado para a elaboração de projetos individuais de restauração de áreas degradadas localizadas na Zona de Amortecimento da EERP

Identificação da Propriedade:

Proprietário:	
Propriedade:	Matrícula:
Área total:	UTM porteira:
Endereço do Imóvel:	
Bairro/Setor Microbacia:	
Município Região: Ribeirão Preto	

Localização no Mapa:

Objetivo: Adequar a subzona – metros do Entorno Imediato da Estação Ecológica de Ribeirão Preto – Mata de Santa Tereza – inseridos na zona de amortecimento segundo critérios do Plano de Manejo da Unidade de Conservação aprovado em 23 de março de 2011.

Caracterização da área:

Diagnóstico da área da propriedade inserida na Subzona

1. Área:
2. Edificações: () Sim () Não
3. Tipo?
4. Instalação de equipamentos públicos (saneamento, rede elétrica) () Sim () Não
5. Cultivo agrícola:
6. Espécies Florestais Nativas:
7. Espécies Florestais Invasoras:
8. Fauna: () Sim () Não
9. Existência de APP: () Sim () Não
10. Processos erosivos presentes: () Sim () Não

Indicação específica das estratégias de adequação:

Espécies que serão utilizadas:

Espaçamento:

Operações/ Cronograma de operações/ Planilha Orçamentária

Lista de espécies indicadas na subzona ... da Zona de Amortecimento da Mata de Santa Tereza, município de Ribeirão Preto (SP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, L.A.C. et al. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 2011.

BRASIL. Lei nº 4.771/1965, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil**, ano 103, nº 117, 16 set. 1965. Seção I, Parte I, p. 9531. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm>. Acesso em: 18 ago. 2011.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, v. 138, 19 jun. 2000. Seção 1, p. 45. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 15 fev. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Lista nacional das espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção**. 2014. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>>. Acesso em: 7 nov. 2014.

CAMARA, G. et al. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAMARGO, U.M. **Grupos ecológicos da vegetação arbórea de um trecho degradado de Floresta Estacional Semidecidual** – Mata de Santa Tereza – no município de Ribeirão Preto, SP, Brasil. 2008. 49 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FALCY, M.R.; ESTADES, C.F. Effectiveness of corridors relative to enlargement of habitat patches. **Conservation Biology**, v. 21, n. 5, p. 1341-1346, 2007.

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B.; MANNING, A.D. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 4, n. 2, p. 80-86, 2006.

GROOM, M.J.; MEFFE, G.K.; CARROLL, C.R. **Principles of conservation biology**. Massachusetts: Sinauer Associates, 2006. 779 p.

HADDAD, N.M. Corridor and distance effects on interpatch movements: a landscape experiment with butterflies. **Ecological Applications**, v. 9, n. 2, p. 612-622, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Populacional 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_sao_paulo.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2013.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. 2014. **Red list of threatened species**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 6 de janeiro de 2015.

LEONEL, C. et al. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Ribeirão Preto**: volume principal e anexos. Ribeirão Preto: Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/files/2012/01/EERP-Vol-principal.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2015.

LINDENMAYER, D.B.; FISCHER, J. **Habitat fragmentation and landscape change**. Washington, D.C.: Island Press, 2006. 329 p.

LOEBMANN, D. **Guia ilustrado**: os anfíbios da região costeira do extremo sul do Brasil. Pelotas: USEB, 2005. 76 p. (Manuais de Campo USEB, 4).

LOISELLE, B.A.; BLACKKE, J.G. Population variation in a tropical bird community: implications for conservation. **BioScience**, v. 42, p. 838-845, 1992.

- LOPES, A.V. et al. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1154-1165, 2009.
- MANNING, A.D.; FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B. Scattered trees are keystone structures – implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 132, p. 311-321, 2006.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. (Ed.). **Livro vermelho da flora brasileira**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- McGARIGAL, K. et al. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, 2002. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 25 jul. 2011.
- METZGER, J.P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação** v. 8, n.1, p. 1-5, 2010.
- _____. et al. Brazilian law: full speed in reverse? **Science**, v. 329, p. 276-277, 2010.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NAIMAN, R.J.; DECAMPS, H.; POLLOCK, M. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. **Ecological Applications**, v. 3, n. 2, p. 209-212, 1993.
- PARDINI, R. et al. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. **Plos One**, v. 5, n. 10, e.13666, 2010. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0013666>>. Acesso em: 25 jun. 2011.
- REIS, N. R. et al. (Ed.). **Mamíferos do Brasil**. 2. ed. Londrina: [s.n.], 2011. 439 p. Disponível em: <<http://www.uel.br/pos/biologicas/pages/arquivos/pdf/Livro-completo-Mamiferos-do-Brasil.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2014.
- RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RICKETTS, T.H. et al. Pinpointing and preventing imminent extinctions. **PNAS**, v. 102, n. 51, p. 18497-18501, 2005.
- ROSENBERG, D.K.; NOON, B.R.; MESLOW, E.C. Biological corridors: form, function, and efficacy. **BioScience**, v. 47, p. 10, p. 677-687, 1997.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 60.133, de 7 de fevereiro de 2014. Espécies de vertebrados e invertebrados da fauna silvestre ameaçadas de extinção do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 124, 8 fev. 2014. Seção I, 27, p. 25-32, 2014.
- SOS MATA ATLÂNTICA. 2013. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/14622/divulgados-novos-dados-sobre-a-situacao-da-mata-atlantica>>. Acesso em: 29 jul. 2014.
- TEWKSBERY, J.J. et al. Corridors affect plants, animal, and their interactions in fragmented landscapes. **PNAS**, v. 99, n. 20, p. 12923-12926, 2002.
- TILMAN, D. et al. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**, v. 371, p. 65-66, 1994.
- VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.
- WILLIS, E.O. The composition of avian communities in remanescent woodlots in southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, p. 1-25, 1979.
- WILSON, D.E.; REEDER, D.M. **Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference**. 3th ed. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 2005. 2000 p.
- WRIGHT, S.J. et al. Poachers alter mammal abundance, seed dispersal, and seed predation in a neotropical forest. **Conservation Biology**, v. 14, p. 227-239, 2000.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, FÍSICA E MECÂNICA DE BRIQUETES DE DUAS VARIEDADES DE BAMBU¹

CHEMICAL, PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF BRIQUETTES FROM TWO BAMBOO VARIETIES

Paula Martucheli AMARAL^{2,3}; Fábio Minoru YAMAJI²;
Pamela Beatriz Moreira de OLIVEIRA²;
Diego Aleixo da SILVA²; José Mauro Santana da SILVA²; Saulo Philipe Sebastião GUERRA²

RESUMO – A demanda por energia de fontes renováveis vêm aumentando a cada dia, propiciando o uso de biomassa para que esta possa vir a ser uma alternativa viável como combustível sólido, sendo esta limpa e potencialmente expressiva em termos econômicos. Investigações sobre briquetes para uso doméstico também têm aumentado, pois este material compacto é de fácil transporte e apresenta elevado poder energético, além de contribuir para a preservação ambiental ao substituir matérias-primas não renováveis. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar física, mecânica e quimicamente os briquetes de resíduos oriundos de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, analisando o seu potencial para a produção de combustível sólido. Os teores de cinzas e voláteis reportados para a variedade *vitatta* foram de 7,19 e 75,54% na devida ordem, e para a variedade *vulgaris*, de 7,09 e 73,95%, respectivamente. O produto final de cada material compactado teve expansão longitudinal considerada normal, sendo estas de 7,3% para *vitatta* e 7,5% para *vulgaris* e apresentaram boa resistência à compressão suportando forças de 510,44 e 499,80 N, respectivamente, para variedade *vitatta* e *vulgaris*. Portanto, os briquetes produzidos usando-se resíduos das duas espécies estudadas neste trabalho, *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, apresentaram propriedades químicas, físicas e mecânicas satisfatórias para seu uso final como combustível sólido.

Palavras-chave: biomassa; *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*; *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*; bioenergia.

ABSTRACT – Nowadays, the request for renewable energy sources are increasing, leading to the use of biomass as a viable alternative for solid fuel, being cleaner and potentially significant regarding to economical values. The search for domestic use of briquettes has also increased because the solid compact has high source of energy power and can be easily transported, as well as contributes to environmental preservation as a substitute to the use of non-renewable materials. The objective of this study was the physical, mechanical and chemical characterization of briquettes produced with waste of two bamboo varieties, *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* and *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, analyzing their potential for solid fuel production. The ash and volatile contents reported for *vitatta* variety were 7.19 and 75.54% in proper order, and for *vulgaris* variety were of 7.09 and 73.95% respectively.

¹Recebido para análise em 15.10.14. Aceito para publicação em 04.05.15. Publicado *on-line* em 30.06.15.

²Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, Bairro do Itinga, 18052-780 Sorocaba, SP, Brasil.

³Autor para correspondência: Paula Martucheli Amaral – paulaa.martucheli@gmail.com

The final product of each compacted material had a longitudinal expansion considered normal, being that of 7.4% for *vitatta* and 7.5% for *vulgaris*, and presented a proper compressive strength, tolerating forces of 510.44 and 499.80 N, for *vitatta* and *vulgaris* varieties respectively. Therefore, the briquettes produced in this study using the waste of the two species *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* and *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, have presented satisfactory chemical, physical and mechanical properties for the final use as solid fuel.

Keywords: biomass; briquettes; *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*; *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*; bioenergy.

1 INTRODUÇÃO

Novas pesquisas científicas relacionadas à potencialidade de implementação das energias alternativas estão sendo desenvolvidas em virtude de estas serem de origem renovável e por possuírem baixo potencial poluidor do meio ambiente (Protásio et al., 2014).

A biomassa de proveniência florestal permite diversos usos como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, sua conversão em carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso (Cortez et al., 2009).

A compactação de resíduos de biomassa, técnica utilizada para produzir *pellets* e briquetes, consiste na aglomeração de partículas finas por meio de pressão, com auxílio ou não de um ou mais aglutinantes, resultando em um sólido compacto de volume reduzido com maior eficiência energética, que pode ser armazenado e transportado de forma mais econômica (Carvalho e Brinck, 2004).

Nesse contexto, entender as propriedades da biomassa é essencial para o conhecimento e adequada aplicabilidade de diferentes matérias-primas. Entre elas, pode-se citar densidade, teor de umidade, granulometria, teor de cinzas e de voláteis, carbono fixo, expansão longitudinal, resistência à compressão. Cada propriedade estudada torna-se um ponto relevante para a destinação final do material estudado como combustível (Quirino, 1991).

Particularmente, para o Brasil, país que utiliza intensamente biomassa para atendimento de

suas necessidades energéticas, o bambu poderá ser uma importante alternativa às espécies florestais (Brito et al., 1987). A abundância dessa espécie, o rápido crescimento e seu ciclo de corte curto (5 anos), a tornam um recurso alternativo na produção energética (Liu, 2014).

Segundo Ciaramello (1968), as espécies de bambus de maior ocorrência no Brasil são: *Phyllostachys* sp., *Bambusa* var. *vitatta* A. & C. Rivieri, *Dendrocalamus giganteus* Munro, *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* Schrad ex. Wendl e *Bambusa tuldoides* Munro.

B. vulgaris var. *vitatta* é uma espécie popularmente conhecida como bambu-imperial, bambu-verde-amarelo ou bambu-listrado (Cândido e Ribeiro, 1991; Cerri, 1991). Seus colmos apresentam coloração amarela com listras verdes e podem atingir até 17 m de altura e 16 cm de diâmetro, a 1 m do solo. Suas fibras possuem excelentes características, sendo uma delas a elevada resistência mecânica (Albertini, 1979).

Conhecido comumente como bambu-verde, bambu-verde-grande e bambu-comum, a espécie *B. vulgaris* var. *vulgaris* foi introduzida pelos portugueses. Essa espécie apresenta colmos de coloração verde, tendendo a amarelo quando se encontram em estágio de envelhecimento, ou quando expostos à incidência direta do sol, e pode atingir até de 15 m de altura e de 5 a 10 cm de diâmetro (Albertini, 1979; Cândido e Ribeiro 1991; Cerri, 1991).

Este trabalho objetivou a caracterização e compactação de resíduos das espécies de bambu, *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, e a análise do potencial destas matérias-primas como biocombustível sólido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização dos Materiais do Estudo

Para a realização do experimento foram utilizadas duas variedades de bambu, *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e a *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* de idade e procedência não determinadas.

Os materiais do estudo foram compostos por todas as partes dos colmos dos bambus produzidos e colhidos pelo produtor. Após sua coleta, foram armazenados em sacos plásticos e selados, para não adquirir umidade ambiente.

2.2 Densidade a Granel

Para obter-se a densidade a granel dos materiais, utilizou-se da adaptação da metodologia prescrita na NBR 6922 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1981), assim como Chrisostomo (2011).

2.3 Classificação e Tamanho das Partículas

A classificação do tamanho das partículas de cada material foi determinada pelo ensaio de granulometria a granel, baseado na NBR 7217 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1987). O ensaio foi realizado com o peneiramento mecânico, utilizando-se quatro peneiras com abertura de malha progressiva, nas aberturas de 20 mesh (0,85 mm), 35 mesh (0,50 mm), 60 mesh (0,25 mm), 100 mesh (0,15 mm) e o fundo (< 0,15 mm). O conjunto de peneiras foi instalado em um agitador orbital, marca MARCONI, modelo MA 750, com batidas intermitentes no topo e sistema de agitação mecânica orbital e constante de 250 rpm. Foi empregado 100 g de amostra e a agitação mecânica ocorreu por 10 minutos. A porcentagem de amostra retida nas peneiras é expressa pela Equação 1.

$$\%MR = \frac{mR}{mT} 100 \quad (1)$$

Em que: %M representa o material retido em cada peneira, em %; mR é a massa retida acumulada na peneira, em g, e mT é a massa total da amostra, em g.

2.4 Determinação dos Teores de Umidade

Adotou-se como referencial a norma NBR 8112 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 1986), secando-se, o material, em estufa a (105 ± 2) °C, com o posterior resfriamento em dessecador com sílica gel e com auxílio de uma balança determinadora de umidade, da marca A&D Company modelo MX – 50 (capacidade 51 g x legibilidade 0,001 g).

2.5 Determinação do Teor de Voláteis

Para a determinação do teor de voláteis, os experimentos foram realizados com base na norma NBR 8112 da ABNT, assim como o proposto por Gonçalves et al. (2013). Utilizou-se para as amostras do experimento os materiais moídos em um micromoinho de facas tipo Wiley, seguidos de secagem em estufa (105 ± 2) °C.

2.6 Determinação do Teor de Cinzas

A determinação do teor de cinzas foi realizada segundo a ABNT – NBR 8112, com amostras pós-moagem e secagem em estufa (105 ± 2) °C, tal como Gonçalves et al. (2013).

2.7 Determinação do Teor de Carbono Fixo

O cálculo do teor de carbono fixo foi realizado da mesma maneira que Gonçalves et al. (2013) em seu estudo.

2.8 Preparação dos Biocombustíveis Sólidos

Foram confeccionados briquetes homogêneos de cada material, utilizando-se para cada amostra 20 g do material de origem com um teor de umidade de 10,10%. Para a compactação dos resíduos utilizou-se um molde cilíndrico de aço inoxidável, com diâmetro de 35 mm, em uma prensa hidráulica com capacidade de 30 tf, modelo MA/098CP. O processo de compactação foi feito sob pressão de aproximadamente 122 MPa, por um tempo de 30 s, sem aquecimento ou uso de aglutinantes.

2.9 Aferição da Expansão

Para analisar a expansão longitudinal, foi realizada a medição da altura (direção de compactação) dos briquetes com um paquímetro digital da marca INSIZE, modelo 1106-502, com capacidade de 150 mm e precisão de 0,01 mm, nos intervalos de 0, 1, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 48, 72 e 96 horas. Os combustíveis sólidos foram mantidos em uma umidade de equilíbrio a 12%. A expansão longitudinal foi calculada com a Equação 2.

$$E = \frac{l_f - l_0}{l_0} * 100 \quad (2)$$

Em que: E = expansão percentual, em %; l_f = comprimento da amostra após determinado tempo de compactação em mm; l_0 = comprimento inicial da amostra (logo após compactação), em mm.

Também foi verificada a expansão diametral utilizando-se a Equação 3.

$$E = \frac{cF - c0}{c0} * 100 \quad (3)$$

Em que: E = expansão percentual, em %; cF = diâmetro da amostra após determinado tempo de compactação em mm; $c0$ = diâmetro inicial da amostra (logo após compactação), em mm.

2.10 Ensaio Mecânico

O comportamento mecânico dos briquetes foi avaliado por meio do teste de tração por compressão diametral, adaptado da norma NBR 7222 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2011) para concretos. A máquina utilizada para a realização de ensaios é universal, com capacidade máxima de 30 tf (300 kN), marca EMIC, modelo DL 30.000. Utilizou-se 12 corpos-de-prova de cada material. A velocidade da aplicação da carga utilizada para esse ensaio foi de 3 mm.min⁻¹.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teor de Umidade e Cálculo da Densidade a Granel

Os teores obtidos para umidade e a densidade a granel de cada espécie, após sua chegada ao laboratório, estão apresentados na Tabela 1.

O valor encontrado neste trabalho para a variedade *vitatta* se aproxima ao valor reportado por Bianchini et al. (2012) para um diferente material, o bagaço de cana-de-açúcar, de densidade 209,71 kg.m⁻³. Já o material da variedade *vulgaris* apresentou uma densidade a granel próxima a resíduos de vegetais amazônicos encontrados por Pinheiro et al. (2005), com densidade de aproximadamente 400 kgm.m⁻³ para casca de amêndoa e 500 kg.m⁻³ para mistura de maçaranduba com casca de amêndoa.

Tabela 1. Teor de umidade e densidade a granel dos materiais estudados.

Table 1. Humidity content and bulk density of the studied materials.

Espécie	Teor de umidade (%)	Densidade a granel (kg.m ⁻³)
Variedade <i>vitatta</i>	13	130
Variedade <i>vulgaris</i>	10	460

A diferença entre os valores encontrados para densidade a granel dos materiais estudados pode ser explicada pela quantidade de fibras e feixes vasculares, os quais são tecidos anatômicos presentes nos colmos de bambu e que variam para cada espécie, influenciando diretamente na densidade do material (Azzini et al., 1977). Outras circunstâncias que explicam essa diferença são as condições de sítio dos materiais coletados, assim como as idades das touceiras e colmos e o material genético das espécies (Brito et al., 1987).

Para o emprego de materiais na produção de combustíveis sólidos, maiores valores de densidade são altamente favoráveis, uma vez que quanto maior sua densidade, maior será a massa contida de energia estocada em um menor volume, resultando assim em compactos mais densos.

3.2 Granulometria

Na Tabela 2, apresentam-se os valores obtidos no ensaio realizado quanto ao tamanho de partículas.

Tabela 2. Distribuição dos tamanhos das partículas das espécies *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

Table 2. Size distribution of *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* and *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

Peneiras		% Retida por peneira	
Tyler (mesh)	Abertura (mm)	Variedade <i>vitatta</i>	Variedade <i>vulgaris</i>
20	0,85	10,96	0,45
35	0,5	51,99	30,14
60	0,25	18,57	36,63
100	0,15	9,77	18,07
Fundo	< 0,15	8,98	14,24

Para os dois materiais estudados, notou-se uma desuniformidade no tamanho das partículas, assim, realizou-se a posterior moagem das matérias-primas buscando-se maior homogeneidade.

Sabe-se que a análise da granulometria das partículas utilizadas na produção dos briquetes é de grande valia, pois o tamanho das partículas pode influenciar diretamente na densidade da biomassa e, conseqüentemente, na densidade dos briquetes (Protásio et al., 2011).

Busca-se, também, maior homogeneidade das partículas para um melhor empacotamento das mesmas quando compactadas, o que pode influenciar posteriormente na expansão do sólido, afetando seu posterior transporte e armazenamento.

3.3 Teor de Voláteis, Cinzas e Carbono Fixo

Os teores de voláteis, cinzas e carbono fixo reportados neste estudo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da análise dos teores de voláteis, cinzas e cálculo do carbono fixo para os materiais estudados.

Table 3. Ash, volatile and fixed carbon content of the studied materials.

Espécie	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Carbono fixo (%)
Variedade <i>vitatta</i>	75,54	07,19	17,27
Variedade <i>vulgaris</i>	73,95	07,09	18,96

Costa (2004) encontrou, para o teor de materiais voláteis, o valor de 75% para *Bambusa vulgaris*, o qual se aproxima aos relatados neste trabalho para os dois materiais estudados, que são provenientes da mesma espécie. Esse teor está diretamente ligado aos compostos orgânicos presentes no material e que apresentam alto e/ou baixo poder calorífico, influenciando, assim, seu poder de combustão e queima (Barros, 2014).

Em experimento realizado por Gomide et al. (1981), o valor do teor de cinzas relatado para *B. vulgaris* estava entre 2,2 e 3,2%, enquanto o valor obtido por Junior et al. (2011) foi de 2,06% para *B. vulgaris* Schrad. Portanto, os teores de cinzas para os dois materiais analisados neste trabalho podem ser considerados altos se comparados com os valores reportados na literatura. Um dos fatores que influencia nesse teor em espécies de bambu é a composição química dos colmos, que podem apresentar alta taxa de sílica (Brito et al., 1987). Além desse fator, outros, como composição anatômica dos materiais lignocelulósicos, idade, espécie, variedade do material e local de extração das fibras, são exemplos de características ligadas a essa propriedade (Junior et al., 2011).

Esse teor interfere diretamente na determinação do uso final dos briquetes formados por essa matéria-prima, tornando-se, então, uma das principais propriedades a ser analisada na biomassa para fins energéticos (Flores, 2010).

Em relação aos teores de carbono fixo calculados neste trabalho, estes são compatíveis aos reportados por Kleinlein (2010) de 18,47, 16,97 e 19,09% para as variedades *vulgaris*, *vitatta* e *D. giganteus*, respectivamente. Esse parâmetro é relevante na função da aplicação do produto, uma vez que maiores teores de carbono fixo remetem a carvões de melhor qualidade (Brito et al., 1987).

3.4 Expansão Longitudinal e Variação Diametral

Os materiais das duas variedades se mostraram eficazes na produção de briquetes, com a formação de compactos sem desprendimento do material, além de não apresentarem diferenças em relação ao formato, uma vez que o mesmo molde cilíndrico de metal foi utilizado na compactação dos materiais (Figura 1).

O resultados das expansões longitudinal e diametral dos materiais aqui estudados foram apresentados na Tabela 4.

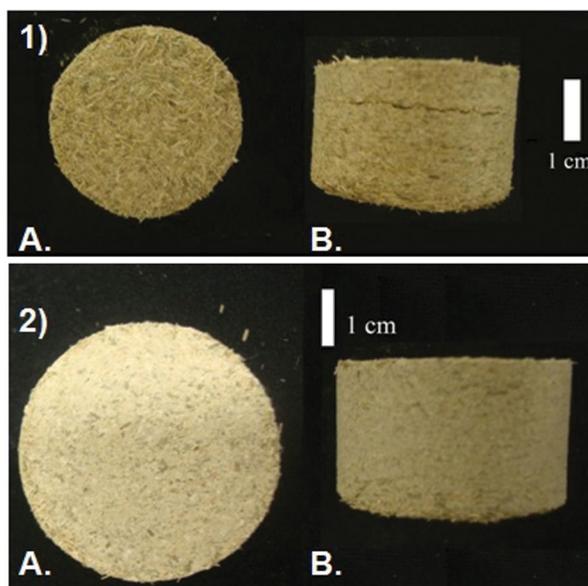


Figura 1. 1) Briquetes de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e 2) Briquetes de *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* em dois planos, A. transversal e B. longitudinal.

Figure 1. 1) *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* briquettes and 2) *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* briquettes in two planes, A. transversal and B. longitudinal.

Tabela 4. Expansão diametral e longitudinal dos briquetes pós-compactação após 96 horas.

Table 4. Briquettes expansion 96 hours after the compaction.

Espécie	Expansão diametral após 96 horas (%)	Expansão longitudinal após 96 horas (%)
Variedade <i>vitatta</i>	0,22 ± 0,03	7,30 ± 0,60
Variedade <i>vulgaris</i>	0,47 ± 0,06	7,55 ± 0,57

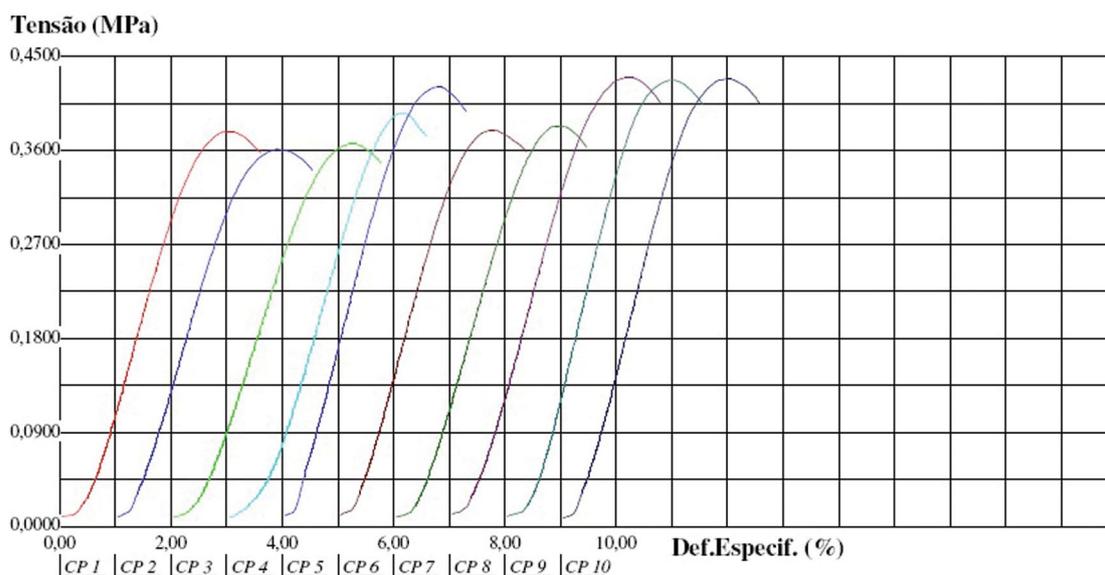
Segundo Buzin (2009), considera-se normal uma expansão de até 20%, mostrando, então, que os dois materiais aqui estudados sofreram expansões que se encontram dentro dos valores considerados normais. Essa propriedade deve ser cuidadosamente observada, pois seus valores afetam diretamente na resistência mecânica dos briquetes (Chrisostomo, 2011). Sabe-se também que quanto menor a expansão volumétrica dos briquetes mais vantajosa é a sua produção, uma vez que os compactos não sofrerão alterações em seu aspecto e ocuparão menor espaço em seu transporte.

3.5 Ensaio Mecânico

Na Figura 2, tem-se os resultados do ensaio mecânico da variedade *vitatta* em relação à força máxima média suportada e a tensão máxima média.

Em relação à variedade *vulgaris*, os resultados encontram-se no gráfico (Figura 3).

Nos ensaios mecânicos, o material da variedade *vitatta* mostrou-se mais resistente à força máxima média que o material da variedade *vulgaris*, sendo os valores de 510,44 e 499,80 N, respectivamente. Essa diferença nas forças máximas médias suportadas, ao contrário do que se esperava, não pode ser explicada pela maior interação entre as partículas e sua maior proximidade, o que seria resultado da menor granulometria do material. Uma possível explicação pode ser exatamente a diferente variedade da espécie em questão. Acredita-se, então, que há uma maior quantidade de feixes vasculares na var. *vitatta*, o que pode garantir maior resistência mecânica externa (Carlessi, 2010).

Figura 2. Gráfico de tensão x deformação específica dos briquetes *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*.Figure 2. Strain vs. stress for briquettes of *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*.

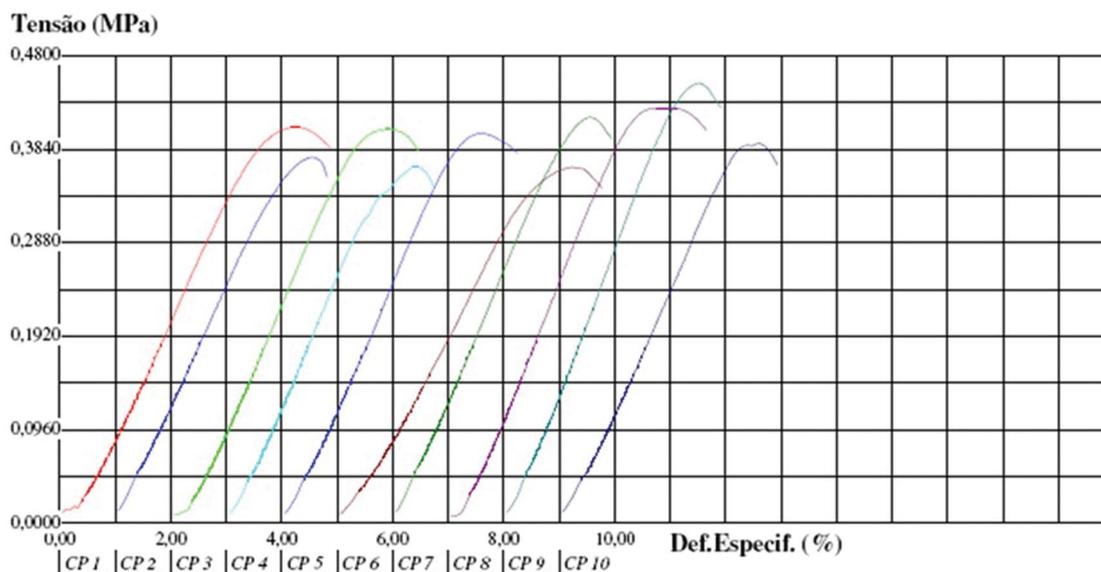


Figura 3. Gráfico de tensão x deformação específica dos briquetes *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

Figure 3. Strain vs. stress for briquettes of *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

Gonçalves et al. (2013) encontraram para briquetes de serragem de *Eucalyptus grandis* um valor de 649,10 N, o qual se aproxima do valor médio encontrado neste trabalho para os briquetes produzidos a partir das duas variedades de bambu.

A avaliação mecânica dos briquetes tem sua importância como ferramenta para o direcionamento do uso final deste material compacto, podendo ser este doméstico ou industrial (Protásio et al., 2014).

4 CONCLUSÃO

Foi possível a formação de briquetes das duas variedades de bambu aqui estudadas, sendo elas *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*.

As variedades de espécie de bambu podem influenciar no comportamento químico, físico e mecânico dos briquetes produzidos.

As duas espécies estudadas, *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* e *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, apresentaram predisposição a uso como combustível sólido em relação às propriedades aqui estudadas, constituindo assim uma alternativa viável em relação à produção de energia a partir de matérias-primas não renováveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINI, J. L. A. Cultura do bambu. **Informe de Pesquisa**, v. 3, n. 22, p. 1-7, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6922** – Carvão vegetal: determinação da densidade a granel. Rio de Janeiro, 1981.

_____. **NBR 8112** – Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 7217** – Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAI, V. Densidade básica e dimensões de bambu do gênero *Guadua*. **Bragantia**, v. 36, p. 1-5, 1977.

BARROS, J.L. **Caracterização de blendas e briquetes de carvões vegetal e mineral**. 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.

BIANCHINI, A. et al. A influência dos extrativos do bagaço de cana-de-açúcar na produção de briquetes. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA – EBRAMEM, 13., 2012, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2012. v. 1, p. 1-8.

- BUZIN, P.J.W.K. **Desenvolvimento de briquetes autorredutores a partir de carepas de processamento siderúrgico para utilização em forno elétrico a arco**. 2009. 138 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Minas) – Centro de Tecnologia da Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CÂNDIDO, J.F.; RIBEIRO, J.B. **Culturas florestais – I (algaroba – aroeira – bambu)**. Viçosa–MG: UFV, 1991. 44 p.
- CARLESSI, A.S. **Avaliação da substituição de fibra de aço por fibra de bambu em piso de concreto não armado**. 2010. 67 f. Trabalho de conclusão de curso (Obtenção do grau de Engenheiro Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.
- CARVALHO, E.A.; BRINCK, V. **Briquetagem**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2004. p. 613-617.
- CERRI, C. (Bambu) o rei do oriente, SP, Brasil. **Revista Globo Rural**, v. 6, n. 65, p. 26-31, 1991.
- CHRISOSTOMO, W. **Estudo da compactação de resíduos lignocelulósicos para utilização como combustível sólido**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba.
- CIARAMELLO, D. Bambu tem mil e uma possibilidades. **Cooper-cotia**, p. 24-5, março, 1968.
- CORTEZ, C.L. et al. Análise do processo do eucalipto no sistema “short rotation” para uso como combustível em uma usina termoeletrica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 4., 2009. **Anais...** Curitiba: UFPR: FUPEF, 2009. p. 1-7.
- COSTA, T.M.S. **Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* Schard. como carvão vegetal**. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência na área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- FLORES, W.P. et al. Caracterização de briquetes de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. **Revista da Madeira**, não paginado, ago. 2010.
- GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; COLODETTE, J.L. Influência da idade de *Bambusa vulgaris* nas suas características químicas e anatômicas, visando a produção de polpa celulósica. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 14., 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1981. v. 1, p. 5-29.
- GONÇALVES, B.F. et al. Caracterização e comparação entre diferentes granulometrias de serragem de *Eucalyptus grandis* para confecção de briquetes. **Revista do Instituto Florestal**, v. 25, n. 2, p. 205-213, 2013.
- JUNIOR, M.G. et al. Caracterização físico-química de fibras e polpas de *Bambusa vulgaris* Schrad para utilização em compósitos poliméricos. **Revista LatinAm. Metal. Mat.**, v. 33, n. 1, p. 33-42, 2011.
- KLEINLEIN, W.A. **Caracterização energética de biomassas amazônicas**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém.
- LIU, Z. et al. Combustion characteristics of bamboo-biochars. **Bioresource Technology**, v. 167, p. 94-99, 2014.
- PINHEIRO, G.F. et al. Densidade energética de resíduos vegetais. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p. 113-123, 2005.
- PROTÁSIO, T.P. et al. Efeitos da torrefação nas propriedades físicas, químicas e energéticas de briquetes de serragem de *Eucalyptus* sp. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 6., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2011.
- _____. et al. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 465-477, 2014.
- QUIRINO, W.F.; BRITO, J.O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1991. 19 p.

ORCHIDACEAE NO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA E SUA CONSERVAÇÃO¹

ORCHIDACEAE IN THE CANTAREIRA STATE PARK AND ITS CONSERVATION

Luciano Ramos ZANDONÁ^{2,4}; Eduardo Luís Martins CATHARINO³

RESUMO – O Parque Estadual da Cantareira – PEC abriga uma das maiores florestas urbanas do mundo, declarada parte da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde de São Paulo. A família Orchidaceae tem grande apelo ornamental e econômico, aspecto importante para a sensibilização de todos sobre a responsabilidade em conservar nossas espécies nativas e seus habitats. O presente trabalho visou, sobretudo, ao levantamento da família Orchidaceae no PEC. Para tal, foram realizadas coletas semanais, entre agosto de 2008 e fevereiro de 2014, utilizando o método da caminhada, tendo como base o mapa de fitofisionomias do PEC. A coleta de material botânico priorizou o resgate de plantas vivas em árvores e galhos caídos, sendo que as plantas foram incluídas em coleções vivas do Instituto de Botânica de São Paulo – IBt e PEC para acompanhamento da floração, herborização, documentação fotográfica e identificação. As plantas foram identificadas com base no material vivo utilizando-se da diagnose floral para determinação da espécie, as exsiccatas foram tombadas no herbário do Instituto Florestal – SPSF. As demais plantas resgatadas, após identificação, foram realocadas no habitat e são também utilizadas em atividades educativas. Até o momento foram levantadas 159 espécies, de 64 gêneros, entre elas 10 espécies presentes em listas vermelhas, e outras dificilmente encontradas, o que coloca o PEC como detentor de maior riqueza de Orchidaceae da Região Metropolitana de São Paulo em comparação com outros levantamentos. Das 159 espécies registradas, 105 foram resgatadas, totalizando 3.120 indivíduos, dos quais 450 foram incluídos em coleções do IBt e PEC, e o restante realocado no habitat para observações e estudos futuros. Atividades com visitantes do PEC indicam que a utilização de orquídeas como tema para educação é bastante promissor.

Palavras-chave: biodiversidade; educação ambiental; florística; Mata Atlântica; São Paulo; Serra da Cantareira.

ABSTRACT – The Cantareira State Park (Parque Estadual da Cantareira – PEC), declared part of the São Paulo Green Belt Biosphere Reserve, houses one of the largest urban forest in the world. The local Orchidaceae family has great ornamental and economic appeal, which is an important feature to raise the collective awareness and responsibility about the preservation of the native species and their habitat. The present study aimed, above all, to assess the Orchidaceae family within the PEC. Samples were taken weekly between August 2008 and February 2014 for this purpose using the walking method, based on the the PEC phytophysionomies map. The collection of botanical material focused on the rescue of live plants that grow on trees and on fallen branches, and the plants were included subsequently in living collections of the Botanical Institute of São Paulo (IBt) and PEC for photographic documentation and identification as well as the monitoring of flowering and herborization.

¹Trabalho originado da Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal, do primeiro autor, do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica de São Paulo. Recebido para análise em 20.10.14. Aceito para publicação em 04.05.15. Publicado *on-line* em 30.06.15.

²Orquidário Público de Guarulhos, Av. Papa João XXIII, 219, Parque Renato Maia, 07114-100 Guarulhos, SP, Brasil.

³Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, 04301-902 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Luciano Ramos Zandoná – luciano_zandona@yahoo.com.br

The samples were identified based on living material, using the floral diagnosis to determine the species, and then exsiccated in the herbarium of the Forest Institute – SPSF. Other plants redeemed were relocated in the environment after identification and were also used in educational activities. One hundred fifty-nine species have been identified so far, 64 of them belong to different genera, 10 species are in red lists, and others are hardly ever found, which makes the Cantareira State Park the home to the greatest diversity of Orchidaceae in the São Paulo Metropolitan Region, compared to other surveys. Of the 159 species recorded, 105 were rescued, totaling 3,120 individuals. Four hundred fifty of them have been included both in the collections of the park as well as the Botanical Institute's, the remaining have been relocated in the environment for future studies and observations. The use of orchids as the theme for educational activities with the visitors to the Cantareira State Park proved to be very promising.

Keywords: biodiversity; environmental education; floristic; Atlantic Forest; São Paulo; Serra da Cantareira.

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é considerada prioridade para a conservação da biodiversidade mundial e encontra-se entre os 34 “hotspots” do planeta (Myers et al., 2000). Seus remanescentes estão hoje reduzidos a pouco mais de 7% da cobertura original e, ainda assim, beneficiam milhares de pessoas com seus serviços ambientais como a amenização da temperatura, produção de água, proteção aos mananciais, fornecimento de polinizadores, barreira natural contra doenças e abrigo de rica biodiversidade (São Paulo, 2010).

A Mata Atlântica é um dos biomas com maior diversidade de epífitas das Américas, sendo a família Orchidaceae, na maioria das vezes, a mais numerosa entre as epífitas em ambientes úmidos tropicais, podendo também apresentar formas mico-heterotróficas, rupícolas e terrícolas (Hoehne, 1949; Catharino e Barros, 2004). A família é constituída por cerca de 800 gêneros e aproximadamente 25.000 espécies, na sua maioria (75%) epífitas (Dressler, 1993; 2005). No Brasil, atualmente, são conhecidos mais de 200 gêneros e aproximadamente 2.500 espécies (Pabst e Dungs, 1975; 1977; Barros et al., 2014). Os levantamentos disponíveis e detalhados da família Orchidaceae, em São Paulo, são poucos, grande parte deles referindo-se às epífitas de um modo geral. Podem ser citados: Dislich e Mantovani (1998), que estudaram o componente epifítico vascular na mata da Reserva da Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira”; Piliackas et al. (2000), que estudaram as epífitas de manguezais paulistas; Breier (2005), que estudou as orquídeas do Parque Estadual Carlos Botelho, e Santos (2008),

que realizou estudos de estrutura com epífitas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – PEFI, listando poucas espécies de orquídeas; no entanto Barros (1983), em trabalho de florística, relacionou mais de cem espécies para a mesma área. Como levantamentos específicos para a família, além de Barros (1983), podemos citar: o levantamento das orquídeas do Maciço da Jureia e arredores realizado por Catharino e Barros (2004); Romanini e Barros (2008), que estudaram a família no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, em Cananeia; Pansarin e Pansarin (2008), que realizaram um levantamento das Orchidaceae na Serra do Japi, Jundiá (SP); Rodrigues e Barros (2012) estudaram as orquídeas no Parque Municipal Chiquinho Veríssimo, em Mogi das Cruzes.

A grande diversidade de espécies, formas e as diversas adaptações ecológicas da família, além de seu apelo ornamental, fazem das Orchidaceae um grupo potencial para conservação *ex situ* em jardins botânicos, sendo uma das famílias mais cultivadas em coleções de conservação ao redor do mundo (Stewart, 1991; Rassmussen e Rassmussen, 1991). As orquídeas, por serem adaptadas a nichos específicos e muito sensíveis a alterações do microclima, podem, de acordo com sua riqueza de espécies, indicar o grau de conservação de um ambiente e suas eventuais perturbações, prevenindo maiores danos à biodiversidade (Hietz, 1999).

Orchidaceae sofre grande pressão antrópica devido à coleta, comércio ilegal e supressão de habitats (Hoehne, 1949), estando entre as famílias de plantas mais coletadas ilegalmente em todo o mundo, apesar dos muitos esforços feitos atualmente para conservá-las, seja *in situ* ou *ex situ*,

resgate, realocação, micropropagação, reintrodução de espécies e atividades de educação para conservação (Seaton, 2007; Mirenda, 2011). Estão listadas como ameaçadas para o Estado de São Paulo 128 espécies de Orchidaceae, em diversas categorias (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martinelli e Moraes, 2013).

No 1º Congresso Internacional de Conservação de Orquídeas, realizado na Austrália, em 2001 (Mirenda, 2011), foram estabelecidas quatro diretrizes a serem seguidas, objetivando a conservação da família Orchidaceae em todo o mundo, são elas:

1. 90% das espécies ameaçadas em todo o mundo devem ser conservadas em coleções *ex situ*;
2. 50% das espécies ameaçadas devem estar incluídas em programas de conservação e recuperação, tendo como base o cultivo *in vitro* seguido de reintrodução destas espécies na natureza;
3. instruir e capacitar a comunidade local para o manejo sustentável, visando à propagação em grande escala e comércio de mudas cultivadas, com o intuito de diminuir a coleta ilegal de orquídeas nativas;
4. toda criança deve receber informações sobre a diversidade vegetal desde a alfabetização, inclusive sobre as orquídeas e sua importância para o equilíbrio ambiental.

Hoje, as orquídeas são referidas mundialmente como os “ursos panda” do reino vegetal, não havendo dúvida do seu potencial em despertar o interesse e o encanto das mais diversas pessoas, sendo assim, se torna possível utilizá-las como família ou espécie-bandeira e ferramenta educativa para a conservação das demais plantas e ambientes (Mirenda, 2011).

A Educação Ambiental é cada vez mais valorizada em todo mundo e, através da sua prática consciente, promove a preservação das características ambientais, necessárias à manutenção da vida de todos os seres (Honig, 2000). O processo de educação ambiental é lento e deve ser iniciado já na alfabetização das crianças (Dixon e Phyllips, 2007).

O Parque Estadual da Cantareira – PEC passou a integrar, em 1994, a Reserva do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, como Zona Núcleo, estando também inserido na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, ambas reconhecidas pelo programa “Man and Biosphere – MaB” da UNESCO. O Parque recebe em média 90.000 visitantes por ano (São Paulo, 2010), destes, 50% são estudantes e visitantes em atividades monitoradas por educadores ambientais, o que permite atribuir a tais visitas grande potencial para conscientização de estudantes e público em geral, moradores da Região Metropolitana de São Paulo, sobre a necessidade de conservação.

Por outro lado, não existem estudos específicos sobre a família Orchidaceae no PEC e a listagem disponível no Plano de Manejo da área relaciona apenas sete espécies de orquídeas (São Paulo, 2010), às quais podem ser acrescentados alguns registros no SpeciesLink. Desse modo, para que seja possível utilizar as orquídeas como ferramenta de educação para a conservação, auxiliando na sensibilização sobre a importância da preservação das florestas, da biodiversidade e dos recursos naturais renováveis, é necessário um aprofundamento no estudo da família na área.

Assim, o presente trabalho teve como objetivos: (1) efetuar o levantamento florístico da família Orchidaceae no PEC, consistindo de mapeamento, registro fotográfico e incorporação em herbário; (2) contribuir para a conservação de orquídeas do PEC apresentando informações sobre a abundância das espécies de orquídeas, sua representação em listas vermelhas e ocorrência nos diferentes núcleos/trilhas do PEC (destacando áreas de maior riqueza e com necessidade de conservação); (3) incrementar as coleções de conservação do Orquidário Frederico Carlos Hoehne e orquidário de visitação do PEC, com espécies raras e/ou ameaçadas da Região Metropolitana de São Paulo; (4) contribuir com propostas para utilização das orquídeas em ações de educação para conservação, apresentando ações de sensibilização e instrução de estudantes e visitantes do PEC quanto à necessidade de preservação das espécies e conservação dos recursos naturais renováveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O Parque Estadual da Cantareira, criado pelo Decreto Estadual nº 41.626, de 30/11/1963, e pela Lei nº 10.228, de 24/09/1968, abrange parte dos municípios de Caieiras, Guarulhos, Mairiporã e São Paulo, com a área de 7.916,52 ha.

Faz parte da Serra da Cantareira, cuja área totaliza aproximadamente 32.000 ha (Dantas, 1990) (Figura 1).

O Parque conta hoje com quatro núcleos: Águas Claras, Cabuçu, Engordador e Pedra Grande, todos eles tratados neste estudo (São Paulo, 2010). A região do Pinheirinho, embora não esteja aberta à visitação pública, também foi abordada neste estudo (Figura 2).

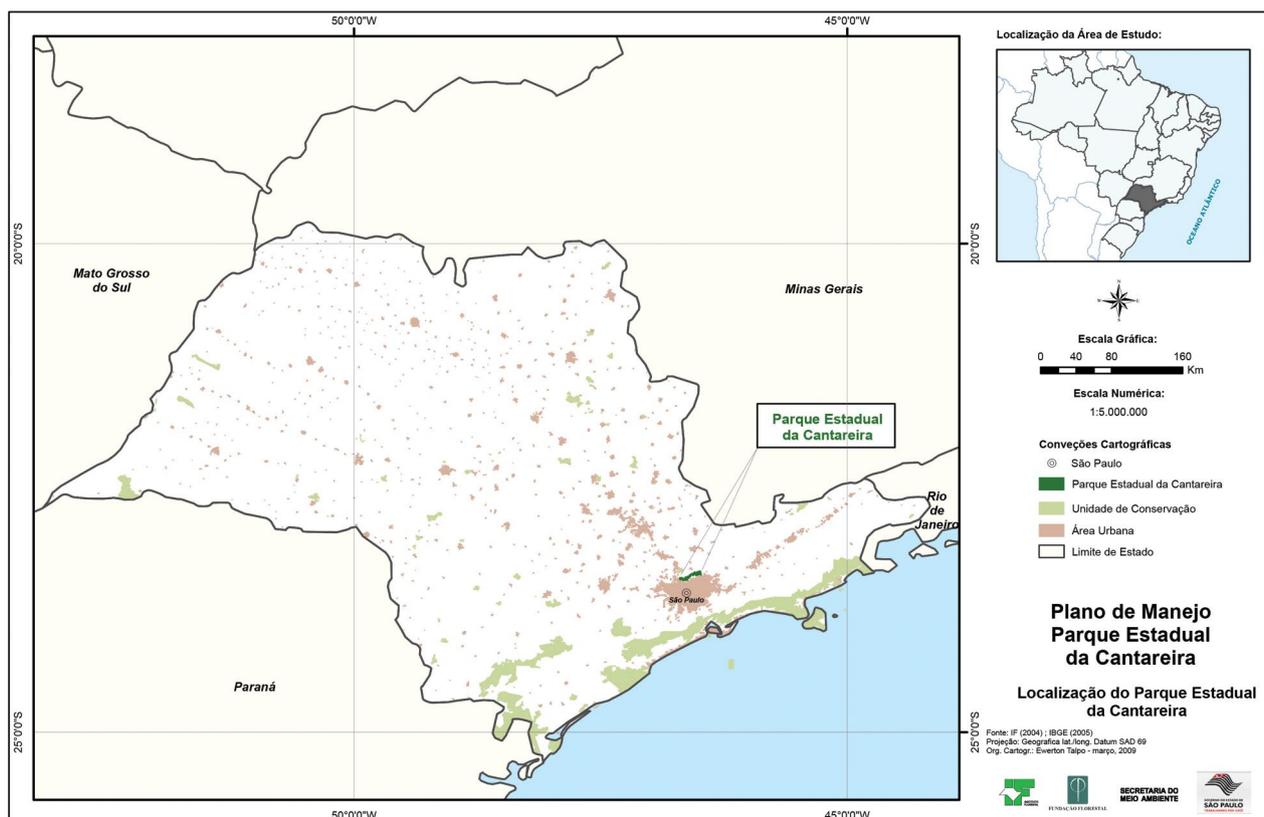


Figura 1. Localização do Parque Estadual da Cantareira, extraído do Plano de Manejo (São Paulo, 2010).

Figure 1. Location of the Cantareira State Park, extracted from the Management Plan (São Paulo, 2010).



Figura 2. Localização dos núcleos do Parque Estadual da Cantareira e trilha do Pinheirinho indicada com círculo branco no mapa. Adaptado do Plano de Manejo (São Paulo, 2010).

Figure 2. Location of the Cantareira State Park nuclei and Pinheirinho track indicated by white circle on the map. Adapted from Management Plan (São Paulo, 2010).

O Parque Estadual da Cantareira – PEC é um dos principais remanescentes florestais de Mata Atlântica e abriga grande número de mananciais, sendo considerado uma das maiores florestas urbanas do planeta e protegido como Unidade de Conservação. O nome Cantareira vem de cântaro, vaso de barro, que era usado para armazenar água. Nessa região, com inúmeros córregos e nascentes, os cântaros eram depositados em prateleiras chamadas “cantareiras” (São Paulo, 2010). A proteção e conservação da Serra da Cantareira tiveram início no final do século XIX,

época em que o governo do estado adquiriu algumas fazendas de café e chá, preocupado com o abastecimento de água da cidade de São Paulo que crescia rapidamente (São Paulo, 2010; Arzolla, 2011).

2.2 Coletas, Herborização e Identificação

Foram realizadas saídas de campo semanais, compreendendo o período de agosto de 2008 a fevereiro de 2014 em todos os núcleos do Parque Estadual da Cantareira – PEC:

Águas Claras, Pedra Grande, Engordador e Cabuçú e na região do Pinheirinho, sendo priorizadas nos percursos as trilhas de uso público, trilhas de serviço, mas também foram realizadas caminhadas aleatórias em mata fechada tendo como base o mapa de fitofisionomias contido no Plano de Manejo do PEC (São Paulo, 2010).

O período de coletas botânicas foi de agosto de 2008 a fevereiro de 2014, as expedições a campo foram feitas quinzenalmente em percursos preestabelecidos ao longo das trilhas de visitação e também aleatoriamente, visando amostrar os trechos de cobertura vegetal mais preservada, tendo como base o mapa de fitofisionomias do plano de manejo do PEC, além de informações de especialistas do Instituto Florestal, utilizando a caminhada como método amostral (Filgueiras et al., 1994), compreendendo diversas situações de relevo, declividade e altitude.

A obtenção de material botânico foi feita preferencialmente com base no resgate de plantas em árvores e galhos caídos. As espécies encontradas, mas não obtidas durante as atividades de resgate, foram observadas em seu habitat, quando necessário por meio da escalada, sendo fotografadas quando floridas, e tendo uma frente fértil coletada para herborização, seguindo-se as técnicas convencionais, e posterior depósito no Herbário do Instituto Florestal – SPSF. Apesar de as plantas avistadas no habitat terem sido georreferenciadas, dados exatos de localização não serão apresentados, procurando-se, com isto, evitar coletas indevidas, tendo em vista que orquídeas são comumente visadas por colecionadores e muitas espécies ocorrem em número reduzido de indivíduos. Além das coletas foi realizada consulta à rede SpeciesLink (SpeciesLink, 2014), para complementar as informações sobre ocorrência para a área de estudo.

2.3 Organização e Análise dos Dados

Ao fim do mapeamento e documentação fotográfica, foi elaborada uma listagem geral das espécies coletadas e/ou observadas, organizada de acordo com Pabst e Dungs (1975; 1977), para todos os grupos, contendo informações sobre as coletas, documentação fotográfica,

quantificação preliminar da ocorrência das espécies nas diferentes áreas do Parque, entre outras, sendo as espécies classificadas em epífitas, terrícolas ou rupícolas. Adotou-se Pabst e Dungs (1975; 1977) tendo em vista as grandes mudanças nomenclaturais ocorridas nos últimos anos. Em Zandoná (2014), encontra-se uma comparação da listagem de Pabst e Dungs (1975; 1977) e da lista das espécies da Flora do Brasil (Barros et al., 2014).

As espécies foram classificadas segundo seu *status* ou grau de ameaça, de acordo com as listas oficiais de espécies em extinção para São Paulo e para o Brasil (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martinelli e Moraes; 2013). Foram utilizadas as seguintes categorias de ameaça: Presumivelmente Extinta (EX), Presumivelmente Extinta na Natureza (EW), Em Perigo Crítico (CR), Em Perigo (EN), Vulnerável (VU) e Pouco Preocupante (LC).

Para avaliar a abundância de indivíduos de cada espécie no habitat, foi adotado o que se denominou “categorias de abundância”, definindo classes de acordo com a riqueza de espécies avistadas e resgatadas, visualização de frutos e presença de plântulas nas proximidades de vegetais adultos no habitat nas diferentes áreas. Foram definidas três categorias: abundante, ocasional e rara. Foram consideradas dentro da categoria “abundante” aquelas plantas encontradas em todos os núcleos, mesmo em áreas sujeitas à ação antrópica, resgatadas ou visualizadas no habitat em número igual ou superior a 50 indivíduos, frutos sempre presentes, plântulas se desenvolvendo sobre as raízes e proximidades. Na categoria “ocasional”, foram incluídas as plantas não encontradas em todos os núcleos, somente registradas em áreas de florestas em estágio de regeneração avançado ou maduro, resgatadas ou visualizadas no habitat entre 11 e 49 indivíduos, frutos dificilmente visualizados, poucas ou nenhuma plântula aderida às raízes e proximidades. Na categoria “rara”, foram incluídas as plantas não encontradas em todos os núcleos, somente registradas em áreas de floresta madura, resgatadas ou visualizadas no habitat em número igual ou inferior a dez indivíduos, frutos não visualizados, nenhuma plântula sobre as raízes ou proximidades.

2.4 Análises de Similaridade

A similaridade da flora amostrada entre os núcleos do PEC foi avaliada pela presença das espécies em comum entre eles através de análises multivariadas de agrupamento, utilizando basicamente o método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) com o coeficiente de Jaccard, através da utilização do aplicativo PAST (Hammer et al., 2001).

2.5 Conservação *in situ*: realocação de plantas na natureza

Plantas grandes resgatadas foram automaticamente realocadas em árvores próximas ao local onde foram encontradas, utilizando para tal fim a ascensão por corda, quando necessário. As micro-orquídeas, mais sensíveis e exigentes quanto à umidade, foram realocadas em árvores próximas, que ofereciam as condições apropriadas a cada espécie, para observação futura, obtenção de fotografias e material a ser herborizado. A fixação das plantas foi feita utilizando-se de fitilho ou barbante encerado, que foram removidos assim que a planta se fixou pelas próprias raízes.

2.6 Conservação *ex situ*: inclusão de plantas em coleções vivas

As plantas provenientes do resgate foram mantidas em cultivo nas coleções vivas do PEC e no Orquidário Frederico Carlos Hoehne –OFCH, fiel depositário do patrimônio genético pelo CENARGEN, para conservação, identificação e herborização, bem como foram levantadas as plantas já existentes coletadas na Região Metropolitana de São Paulo nas coleções vivas, herbários e bibliografia. Essas plantas tiveram acompanhamento da floração para fotografias e posterior herborização da frente florida. Foi sempre priorizada a conservação da planta viva, sendo que para as plantas pouco desenvolvidas foi coletada somente a inflorescência.

Tendo em vista o estado de muitas das plantas resgatadas, adotou-se como metodologia complementar um tratamento fitossanitário padrão, imergindo as plantas em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 10 minutos para desinfecção e aplicação de canela em pó sobre o rizoma, por suas propriedades: bactericida, fungicida, cicatrizante e estimuladora de enraizamento e brotação. Depois desse tratamento, as plantas permaneceram sobre bancada seca por uma semana, sendo posteriormente levadas para cultivo.

2.7 Atividades de Educação para a Conservação

Foram propostas e elaboradas atividades que incluíssem as orquídeas no roteiro de visitação do PEC, entre elas, a utilização da coleção viva, utilização de observadores feitos de bambu adaptados de (Honig, 2000), realocação de plantas resgatadas durante as visitas monitoradas, caminhadas para observação de plantas no habitat e elaboração de material didático de apoio.

Os educadores do PEC foram capacitados a utilizar as orquídeas como ferramenta educativa em visitas monitoradas na coleção viva e nas trilhas guiadas, para isto, foram treinados para a observação e identificação das orquídeas avistadas nas trilhas e coleção viva do PEC para despertar a curiosidade dos visitantes, atividades fundamentais ao aprendizado sobre a necessidade de se conhecer e conservar plantas em seu habitat.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Registraram-se 150 espécies ou morfoespécies de Orchidaceae na área estudada. A rede SpeciesLink (SpeciesLink, 2014) registra 37 ocorrências para a área que, após revistas as sinonimizac es e retiradas as ocorrências repetidas, adicionou mais nove espécies   listagem, totalizando 159 espécies distribuídas em 64 gêneros, destas, 121 são epífitas e 38 terrícolas. A listagem das espécies registradas, incluindo o hábito e as categorias de ocorrência, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Orchidaceae registradas no Parque Estadual da Cantareira, São Paulo, Brasil, núcleos: Águas Claras – AC, Cabuçu – C, Engordador – E, Pedra Grande – PG, Pinheirinho – P e registros no SpeciesLink – SL (identificações baseadas em Pabst e Dungs, 1975; 1977). Espécies em listas vermelhas em negrito; hábito de vida – Hb: epífita – E, terrícola – T, rupícola – R; categorias de ocorrência – Oc: abundante – A, ocasional – O e rara – R.

Table 1. Orchidaceae recorded in the Cantareira State Park, São Paulo, Brazil, nuclei: Águas Claras – AC, Cabuçu – C, Engordador – E, Pedra Grande – PG, Pinheirinho – P and records in SpeciesLink – SL (names based on Pabst and Dungs, 1975; 1977). Species in red lists in bold; life habit – Hb: epiphytic – E, terrestrial – T, rupicolous – R; categories of occurrence – Oc: abundant – A, occasional – O and rare – R.

N	Espécie	Hb	Oc	C	E	PG	P	AC	SL
1	<i>Amblostoma armeniacum</i> (Lindl.) Brieger	E	R	x	x	x	x		x
2	<i>Amblostoma tridactylum</i> (Lindl.) Rchb.f.	E	R			x			
3	<i>Barbosella australis</i> (Cogn.) Schltr.	E	R	x	x	x	x		
4	<i>Barbosella dusenii</i> (A.Samp.) Schltr.	E	R	x	x	x	x		
5	<i>Barbosella microphylla</i> (Barb.Rodr.) Schltr.	E	O	x	x		x		
6	<i>Barbosella miersii</i> (Lindl.) Schltr.	E	R		x		x		
7	<i>Bifrenaria aureofulva</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	
8	<i>Bifrenaria harrisoniae</i> (Hook.) Rchb.f.	E	O	x	x	x	x	x	
9	<i>Bulbophyllum napellii</i> Lindl.	E	R				x		
10	<i>Bulbophyllum</i> sp.	E	R			x			
11	<i>Campylocentrum aromaticum</i> Barb.Rodr.	E	O	x	x	x		x	
12	<i>Campylocentrum crassirhizum</i> Hoehne	E	R	x	x			x	
13	<i>Campylocentrum pauloense</i> Hoehne e Schltr.	E	R	x					x
14	<i>Campylocentrum</i> sp.1	E	R	x		x	x		
15	<i>Capanemia gehrtii</i> Hoehne	E	R	x	x	x	x	x	
16	<i>Capanemia micromera</i> Barb.Rodr.	E	R	x	x	x	x	x	
17	<i>Capanemia superflua</i> (Rchb.f.) Garay	E	O			x			
18	<i>Capanemia theresae</i> Barb.Rodr.	E	O	x	x	x	x	x	
19	<i>Catasetum cernuum</i> (Lindl.) Rchb.f.	E	O	x	x	x			
20	<i>Catasetum trulla</i> Lindl.	E	R			x			
21	<i>Centroglossa macroceras</i> Barb.Rodr.	E	R	x	x	x	x	x	x
22	<i>Cleistes gracilis</i> Schltr.	T							x
23	<i>Comparettia coccinea</i> Lindl.	E	R	x	x	x	x		
24	<i>Corymborkis flava</i> (Sw.) Kuntze	T	R	x	x		x		x
25	<i>Cranichis candida</i> (Barb.Rodr.) Cogn.	T	R	x			x		
26	<i>Cyclopogon bicolor</i> (Ker-Gawl.) Schltr.	T	R		x	x		x	
27	<i>Cyclopogon congestus</i> (Vell.) Hoehne	T	A			x		x	
28	<i>Cyclopogon elegans</i> Hoehne	T	R		x	x		x	
29	<i>Cyclopogon iguapensis</i> Schltr.	T							x
30	<i>Cyclopogon longibracteatus</i> (Barb.Rodr.) Schltr.	T	R	x	x	x	x	x	

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
 continuation – Table 1

N	Espécie	Hb	Oc	C	E	PG	P	AC	SL
31	<i>Cyclopogon variegatus</i> Barb.Rodr.	T	O	x	x				
32	<i>Cyclopogon warmingii</i> (Rchb.f.) Schltr.	T							x
33	<i>Cylopogon</i> sp.	T	R	x					
34	<i>Dichaea cogniauxiana</i> Schltr.	E	O	x	x	x	x		
35	<i>Dichaea pendula</i> (Aubl.) Cogn.	E	R	x					
36	<i>Eltroplectris</i> cf. <i>calcarata</i> (Sw.) Garay e Sweet	T	R	x					
37	<i>Encyclia inversa</i> (Lindl.) Pabst	E	R		x		x		x
38	<i>Encyclia patens</i> Hook.	E	O	x	x	x	x	x	
39	<i>Epidendrum campaccii</i> Hágsater e L.Sánchez	E	O	x	x	x	x	x	x
40	<i>Epidendrum densiflorum</i> Hook.		R						x
41	<i>Epidendrum proligerum</i> Barb.Rodr.	E	R			x	x		
42	<i>Epidendrum ramosum</i> Jacq.	E	R			x			
43	<i>Epidendrum rigidum</i> Jacq.	E	R	x	x	x	x	x	
44	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	E/R	A	x	x	x	x	x	x
45	<i>Erythrodes lacteola</i> (Barb.Rodr.) Ames	T	R	x	x		x		
46	<i>Erythrodes picta</i> (Lindl.) Ames	T	R	x					
47	<i>Erythrodes rosea</i> (Lindl.)	T	R			x	x		
48	<i>Eulophia alta</i> (L.) Fawc. e Rendle	T	O	x	x	x	x	x	
49	<i>Eurystyles actinosophila</i> (Barb.Rodr.) Schltr.	E	O	x	x	x	x	x	
50	<i>Eurystyles cotyledon</i> Wawra	E	R	x	x	x	x	x	x
51	<i>Eurystyles</i> sp.	E	R			x			
52	<i>Galeandra beyrichii</i> Rchb. f.	T	R			x			
53	<i>Gomesa crispa</i> (Lindl.) Klotzsch ex Rchb.f.	E	A	x	x	x	x	x	x
54	<i>Gomesa laxiflora</i> (Lindl.) Klotzsch ex Rchb.f.	E							x
55	<i>Gomesa recurva</i> Lodd.	E	A	x	x	x	x	x	x
56	<i>Govenia utriculata</i> (Sw.) Lindl.	T	R			x			x
57	<i>Grobya amherstiae</i> Lindl.	E	A	x	x	x	x	x	
58	<i>Habenaria</i> cf. <i>paranaensis</i> Barb.Rodr.	T	R			x			x
59	<i>Habenaria fastor</i> Lindl. ex Warm.	T	R		x				
60	<i>Habenaria josephensis</i> Barb.Rodr.	T	O	x	x	x	x	x	
61	<i>Habenaria parviflora</i> Lindl.	T	O			x	x		
62	<i>Habenaria pleiophylla</i> Hoehne e Schltr.	T	O		x	x	x		x
63	<i>Habenaria repens</i> Nutt.	T							x
64	<i>Habenaria</i> sp.1	T	R				x		
65	<i>Hapalorchis lineatus</i> (Lindl.) Schltr.	T	R			x		x	
66	<i>Isabelia virginalis</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
67	<i>Isochilus linearis</i> (Jacq.) R.Br.	E	O	x	x	x	x	x	
68	<i>Laelia virens</i> Lindl.	E	R			x			x

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
 continuation – Table 1

N	Espécie	Hb	Oc	C	E	PG	P	AC	SL
69	<i>Lankesterella epiphyta</i> (Barb.Rodr.) Mansf.	E	R			x			
70	<i>Leptotes bicolor</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	
71	<i>Liparis nervosa</i> (Thunb.) Lindl.	T	O	x	x	x	x	x	
72	<i>Lycaste rossyi</i> Hoehne	E	R		x				
73	<i>Malaxis excavata</i> (Lindl.) Kuntze	T	R	x		x	x	x	
74	<i>Malaxis parthoni</i> C.Morren	T	R						x
75	<i>Maxillaria cerifera</i> Barb.Rodr.	E	O	x			x		
76	<i>Maxillaria cogniauxiana</i> Hoehne	E	O		x	x	x		
77	<i>Maxillaria gracilis</i> Lodd.	E	O	x	x	x	x		
78	<i>Maxillaria madida</i> Lindl.	E	O			x	x		
79	<i>Maxillaria marginata</i> (Lindl.) Fenzl	E	R	x					
80	<i>Maxillaria picta</i> Hook.	E	O		x	x	x		
81	<i>Mesadenella cuspidata</i> (Lindl.) Garay	T	R	x	x	x	x	x	
82	<i>Miltonia regnellii</i> Rchb.f.	E					x		x
83	<i>Notylia longispicata</i> Hoehne e Schltr.	E	O	x	x	x	x	x	x
84	<i>Octomeria cf. palmyrabellae</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
85	<i>Octomeria concolor</i> Barb.Rodr.	E/R	R			x			
86	<i>Octomeria crassifolia</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	
87	<i>Octomeria diaphana</i> Lindl.	E	R		x		x		
88	<i>Octomeria gracilis</i> Lodd. ex Lindl.	E	R			x			
89	<i>Octomeria grandiflora</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x		x
90	<i>Octomeria juncifolia</i> Barb.Rodr.	E	R				x		
91	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	T	A	x	x	x	x	x	
92	<i>Oncidium crispum</i> Lodd.	E	R	x	x	x			
93	<i>Oncidium divaricatum</i> (Lindl.) Beer	E	R			x			
94	<i>Oncidium flexuosum</i> (Kunth) Lindl.	E	A	x	x	x	x	x	
95	<i>Oncidium forbesii</i> Hook.	E	R	x		x	x		
96	<i>Oncidium gardneri</i> Lindl.	E	R			x	x		
97	<i>Oncidium harrisonianum</i> Lindl.	E	R			x			
98	<i>Oncidium hians</i> Lindl.	E	R			x			
99	<i>Oncidium hookeri</i> Rolfe	E	O	x	x	x	x	x	x
100	<i>Oncidium longipes</i> Lindl.	E	R	x	x	x	x	x	
101	<i>Oncidium praetextum</i> Rchb.f.	E	R	x	x	x	x		
102	<i>Oncidium pubes</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	
103	<i>Oncidium pumilum</i> Lindl.	E	A	x	x	x	x	x	

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
 continuation – Table 1

N	Espécie	Hb	Oc	C	E	PG	P	AC	SL
104	<i>Oncidium sarcodes</i> Lindl.	E	O	x		x		x	x
105	<i>Oncidium varicosum</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	
106	<i>Ornithophora radicans</i> (Rchb.f.) Garay & Pabst	E	O	x	x	x	x		
107	<i>Phymatidium delicatulum</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	x
108	<i>Phymatidium hysteroanthum</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
109	<i>Platystele pygmaea</i> (Hoehne) Pabst	E	R				x		
110	<i>Pleurothallis</i> aff. <i>saundersiana</i> Rchb.f.	E	R	x					
111	<i>Pleurothallis arcuata</i> Lindl.	E	R				x		
112	<i>Pleurothallis barbacenensis</i> Barb.Rodr.	E	R			x			x
113	<i>Pleurothallis dryadum</i> Schltr.	E	R	x			x		
114	<i>Pleurothallis fusca</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x		
115	<i>Pleurothallis grobyi</i> Bateman ex Lindl.	E	R			x			
116	<i>Pleurothallis heterophylla</i> (Barb.Rodr.) Cogn.	E	R				x		
117	<i>Pleurothallis hians</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x		
118	<i>Pleurothallis klotzschiana</i> Rchb.f.	E							x
119	<i>Pleurothallis leptotifolia</i> Barb.Rodr.	E	R	x		x			
120	<i>Pleurothallis linearifolia</i> Cogn.	E	R			x	x		
121	<i>Pleurothallis mouraeoides</i> Hoehne	E	R				x		
122	<i>Pleurothallis murexioidea</i> Pabst	E	R			x			
123	<i>Pleurothallis podoglossa</i> Hoehne	E	R	x			x		
124	<i>Pleurothallis pterophora</i> Cogn.	E	R	x			x		
125	<i>Pleurothallis quadridentata</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
126	<i>Pleurothallis rubens</i> Lindl.	E	O	x	x	x	x	x	x
127	<i>Pleurothallis sarracenia</i> Luer	E	R			x			
128	<i>Pleurothallis saundersiana</i> Rchb.f.	E	O	x	x	x	x	x	
129	<i>Pleurothallis saurocephala</i> Lodd.	E	O	x	x	x	x	x	
130	<i>Pleurothallis serpentula</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
131	<i>Pleurothallis sonderiana</i> Rchb.f.	E	R	x	x	x	x		
132	<i>Pleurothallis uniflora</i> Lindl.	E	R			x			
133	<i>Pleurothallis warmingii</i> Rchb.f.	E/R	R			x			
134	<i>Pleurothallis</i> sp. 1	E	R				x		
135	<i>Pleurothallis</i> sp. 2	E	R			x	x		
136	<i>Polystachya estrellensis</i> Rchb.f.	E	O	x	x	x	x	x	
137	<i>Prescottia oligantha</i> (Sw.) Lindl.	T	R	x		x	x	x	
138	<i>Prescottia</i> sp.	T	O	x		x			
139	<i>Prescottia stachyodes</i> (Sw.) Lindl.	T	O	x	x	x	x	x	
140	<i>Promenaea xanthina</i> Lindl.	E	R			x	x		

continua
to be continued

continuação – Tabela 1
 continuation – Table 1

N	Espécie	Hb	Oc	C	E	Pg	P	Ac	Sl
141	<i>Psilochilus modestus</i> Barb.Rodr.	E	R	x			x		
142	<i>Rodriguezia</i> cf. <i>obtusifolia</i> (Lindl.) Rchb.f.	E	R	x		x			
143	<i>Rodrigueziella handroi</i> (Hoehne) Pabst	E	R	x		x			
144	<i>Sarcoglottis</i> sp.	T	R		x				x
145	<i>Sauroglossum nitidum</i> (Vell.) Schltr.	T	O	x	x	x	x	x	
146	<i>Scaphyglottis reflexa</i> Lindl.	E	R			x			
147	<i>Sophronitella violacea</i> (Lindl.) Schltr.	E	R	x					
148	<i>Stelis deregularis</i> Barb.Rodr.	E							x
149	<i>Stelis modesta</i> Barb.Rodr.	E	R	x	x	x	x		
150	<i>Stelis peliochyla</i> Barb.Rodr.	E	R			x			
151	<i>Stelis pterostele</i> Hoehne & Schltr.	E	O		x	x	x		
152	<i>Stenorrhynchos lanceolatum</i> (Aubl.)L.C.Rich.	T	O	x	x	x	x	x	
153	<i>Tetragamestus modestus</i> Rchb.f.	E	R				x		
154	<i>Vanilla chamissonis</i> Klotzsch	E	R		x	x			
155	<i>Vanilla edwallii</i> Hoehne	E	O	x	x	x	x	x	x
156	<i>Warrea warreana</i> (Lodd. ex Lindl.) C.Schweinf.	T	R			x	x	x	
157	<i>Zygopetalum crinitum</i> Lodd.	E	R			x			
158	<i>Zygopetalum mackayi</i> Hook.	R	R		x				
159	<i>Zygopetalum maxillare</i> Lodd.	E	R	x	x	x	x		

Das coletas informadas pela rede SpeciesLink (SpeciesLink, 2014), algumas delas históricas para a Cantareira, podemos destacar as de Loefgren 1895, 1896, 1897; Edwall 1896, Usteri 1897; Hoehne 1918, 1919, 1932, entre outras, como os primeiros registros da família Orchidaceae para a região.

A documentação fotográfica resultou em fotos de 145 espécies floridas, que estão disponíveis como guia de campo publicado no Field Museum, disponível em: <<http://fieldguides.fieldmuseum.org/guides/guide/444>>.

Em comparação com outros levantamentos feitos em São Paulo e regiões próximas, o Parque Estadual da Cantareira, com 159 espécies, revela um número superior às demais áreas estudadas, como no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (147 espécies, Romanini e Barros, 2008), em Mogi das Cruzes, no Parque Municipal Chiquinho Veríssimo (70 espécies, Rodrigues e Barros, 2012) e ainda acima do encontrado na Serra do Japi em Jundiá (125 espécies, Pansarin e Pansarin, 2008) ou no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – PEFI (125 espécies, Barros, 1983).

Esse número também foi superior ao encontrado por Breier (2005) no Parque Estadual Carlos Botelho (42 espécies) ou Catharino e Barros (2004) no Maciço da Jureia (Estação Ecológica Jureia-Itatins, 77 espécies). Assim, foi a área mais rica entre as estudadas até o momento em São Paulo. A alta riqueza de Orchidaceae para o PEC é fator importante para justificar esforços para a sua conservação e ampliação de levantamentos biológicos nesta unidade de conservação paulista.

Pleurothallis foi o gênero melhor representado, com 26 espécies, seguido por *Oncidium* com 14 espécies, *Cyclopogon* com oito espécies, *Habenaria* e *Octomeria* com sete espécies, *Epidendrum* e *Maxillaria*, com seis espécies, *Capanemia*, *Campylocentrum* e *Barbosella* com quatro espécies, *Eurystyles*, *Erytodes*, *Stelis*, *Prescotia* e *Zygopetalum* com três espécies, *Bifrenaria*, *Catasetum*, *Dichaea*, *Encyclia*, *Gomesa*, *Isabelia*, *Phymatidium*, *Malaxis*, *Bulbophyllum* e *Vanilla* com duas espécies. Os outros 36 gêneros foram representados por uma espécie.

Considerando a abundância das espécies, verificou-se que oito espécies foram classificadas como abundantes, 46 foram consideradas ocasionais, e 98, raras. Levando-se em consideração o grau de ameaça, verificou-se que dez espécies estão presentes em listas vermelhas de flora ameaçada de extinção (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martinelli e Moraes, 2013) em categorias variadas (Tabela 2).

As seis espécies referidas como presumivelmente extintas (EX) (Tabela 2) foram também classificadas como raras (Tabela 1), pois, apesar de presentes, o número reduzido de indivíduos avistados e a ausência de frutos sugerem populações em declínio, necessitando, ainda, de atenção especial quanto à conservação. Dessa maneira, ficariam melhor posicionadas em categoria de alto risco, devendo sua classificação ser alterada para “em perigo crítico” (CR).

Tabela 2. Orquídeas constantes em listas de flora ameaçada de extinção válidas para São Paulo (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martinelli e Moraes, 2013), registradas nos diferentes núcleos/trilhas do PEC, categorias de ameaça – Cat: em perigo crítico – CR, vulnerável – VU, presumivelmente extinta – EX.

Table 2. Orchids present in lists of flora threatened with extinction valid for São Paulo (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martinelli and Moraes, 2013), recorded in different nuclei/tracks in PEC, threat categories – Cat: critically endangered – CR, vulnerable – VU, presumably extinct – EX.

	Espécie	Cat	Listas
1	<i>Centroglossa macroceras</i> Barb.Rodr.	EX	São Paulo (2004)
2	<i>Isabelia virginalis</i> Barb.Rodr.	EX	São Paulo (2004); Martinelli e Moraes (2013)
3	<i>Laelia virens</i> Lindl.	EX	Brasil (2008)
4	<i>Lankesterella epiphyta</i> (Barb.Rodr.) Mansf.	EX	São Paulo (2004)
5	<i>Lycaste rossyi</i> Hoehne	CR	São Paulo (2004)
6	<i>Oncidium divaricatum</i> (Lindl.) Beer	EX	São Paulo (2004); Martinelli e Moraes (2013)
7	<i>Oncidium hians</i> Lindl.	EX	São Paulo (2004); Martinelli e Moraes (2013)
8	<i>Oncidium praetextum</i> Rchb.f.	VU	São Paulo (2004)
9	<i>Oncidium pubes</i> Lindl.	VU	São Paulo (2004)
10	<i>Zygopetalum maxillare</i> Lodd.	VU	São Paulo (2004)

Por outro lado, outras 88 espécies não presentes em listas vermelhas foram classificadas como raras, sendo localmente ameaçadas, da mesma forma como as constantes em listas, por terem sido avistadas em número menor ou igual a cinco indivíduos, em áreas de floresta madura e não terem sido observados frutos nem plântulas nas proximidades. Isso implica em maior atenção para a conservação de tais espécies, podendo todas ser consideradas minimamente vulneráveis, mesmo porque podem ser alvo de coletas extrativistas e/ou extinção local por serem populações em declínio natural no PEC.

Primack e Rodrigues (2001) elencam diversas categorias de vulnerabilidade à extinção, entre elas, espécies que requerem nichos específicos, espécies com área de ocorrência limitada, espécies com uma ou algumas populações, espécies com populações pequenas, espécies que são características de ambientes estáveis, espécies que sofrem extrativismo, uma vez que estas características de suscetibilidade à extinção ocorrem em conjunto e indicam a necessidade de ações integradas de conservação da família Orchidaceae no Parque Estadual da Cantareira.

Grande parte das espécies raras e outras dez citadas em listas vermelhas (São Paulo, 2004; Brasil, 2008; Martineli e Moraes, 2013), registradas para o PEC, ocorrem em áreas restritas e em número reduzido de indivíduos, muitas delas não apresentando frutos nem propágulos próximos, sugerindo populações em declínio e a necessidade de atenção especial à sua conservação. Dessa maneira, sugere-se sua permanência em categoria de alto risco de extinção.

Algumas espécies só foram registradas na floresta madura e em seus remanescentes e podem ser consideradas indicadoras desta fitofisionomia, como: *Amblostoma armeniacum* (Lindl.) Brieger, *Amblostoma tridactylum* (Lindl.) Rchb.f., *Barbosella australis* (Cogn.) Schltr., *Barbosella dusenii* (A.Samp.) Schltr., *Barbosella microphylla* (Barb.Rodr.) Schltr., *Barbosella miersii* (Lindl.) Schltr., *Bifrenaria aureofulva* Lindl., *Bifrenaria harrisoniae* (Hook.) Rchb.f., *Bulbophyllum napellii* Lindl., *Capanemia superflua* (Rchb.f.) Garay, *Centroglossa macroceras* Barb.Rodr., *Dichaea pendula* (Aubl.) Cogn., *Epidendrum proligerum* Barb.Rodr., *Erythrodes lacteola* (Barb.Rodr.) Ames, *Erythrodes picta* (Lindl.) Ames, *Isabelia virginalis* Barb.Rodr., *Laelia virens* Lindl., *Lankesterella epiphyta* (Barb.Rodr.) Mansf., *Lycaste rossyi* Hoehne, *Malaxis excavata* (Lindl.) Kuntze, *Malaxis parthoni* C.Morren, *Maxillaria cerifera* Barb.Rodr., *Maxillaria cogniauxiana* Hoehne, *Maxillaria gracilis* Lodd., *Maxillaria madida* Lindl., *Maxillaria marginata* (Lindl.) Fenzl, *Maxillaria picta* Hook., *Octomeria concolor* Barb.Rodr., *Octomeria crassifolia* Lindl., *Octomeria diaphana* Lindl., *Octomeria grandiflora* Lindl., *Octomeria juncifolia* Barb.Rodr., *Oncidium crispum* Lodd., *Oncidium divaricatum* (Lindl.) Beer, *Oncidium forbesii* Hook., *Oncidium gardneri* Lindl., *Oncidium harrisonianum* Lindl., *Oncidium hians* Lindl., *Oncidium longipes* Lindl., *Oncidium praetextum* Rchb.f., *Ornithophora radicans* (Rchb.f.) Garay & Pabst, *Platystele pygmaea* (Hoehne) Pabst, *Pleurothallis* aff. *saundersiana* Rchb.f., *Pleurothallis arcuata* Lindl., *Pleurothallis dryadum* Schltr., *Pleurothallis fusca* Lindl., *Pleurothallis grobyi* Bateman ex Lindl., *Pleurothallis heterophylla* (Barb.Rodr.) Cogn., *Pleurothallis hians* Lindl., *Pleurothallis klotzschiana* Rchb.f., *Pleurothallis leptotifolia* Barb. Rodr.,

Pleurothallis linearifolia Cogn., *Pleurothallis mouraeoides* Hoehne, *Pleurothallis murexoidea* Pabst, *Pleurothallis podoglossa* Hoehne, *Pleurothallis pterophora* Cogn., *Pleurothallis quadridentata* Barb. Rodr., *Pleurothallis sarracenia* Luer, *Pleurothallis saundersiana* Rchb.f., *Pleurothallis serpentula* Barb.Rodr., *Pleurothallis uniflora* Lindl., *Promenaea xanthina* Lindl., *Psilochilus modestus* Barb.Rodr., *Rodriguezella handroi* (Hoehne) Pabst, *Scaphyglottis reflexa* Lindl., *Sophronitella violacea* (Lindl.) Schltr., *Stelis modesta* Barb.Rodr., *Stelis plichiola* Barb.Rodr., *Stelis pterostele* Hoehne & Schltr., *Zygopetalum crinitum* Lodd., *Zygopetalum maxillare* Lodd.

3.1 Similaridade Interna Entre Áreas do PEC

A análise de agrupamento da distribuição das espécies por núcleo/trilha, ilustrada na Figura 3, evidencia a separação de Pedra Grande – PG) por se mostrar a área mais rica com 114 espécies. Apesar de ter poucos trechos de floresta madura, tem amplas áreas de florestas secundárias contendo pequenas manchas de florestas maduras em seu interior, congregando, portanto, tanto espécies características de florestas menos úmidas e secundárias quanto espécies características de florestas mais úmidas e maduras. Também o Núcleo Águas Claras com 52 espécies se separa dos demais por apresentar a menor riqueza, pois nele predominam florestas secundárias em regeneração sob plantios de espécies exóticas. Por outro lado, evidencia-se o grupo formado por Pinheirinho – Pin com 97 espécies, Engordador – Eng com 82, e Cabuçú – Cab com 86. Engordador e Cabuçú possuem trechos de floresta madura e secundária em regeneração. Pinheirinho, que apresentou a maior riqueza em menor área amostral, possui os trechos mais significativos de floresta madura, consequentemente, mais espécies de orquídeas típicas destas florestas estão presentes.

Deve-se ressaltar que os núcleos/trilhas apresentam áreas variadas, diferentes fitofisionomias associadas à variação de relevo, altitude, umidade e histórico de conservação. Verifica-se que a riqueza de espécies tende a aumentar nos fragmentos mais preservados e nas áreas próximas a cursos d'água.

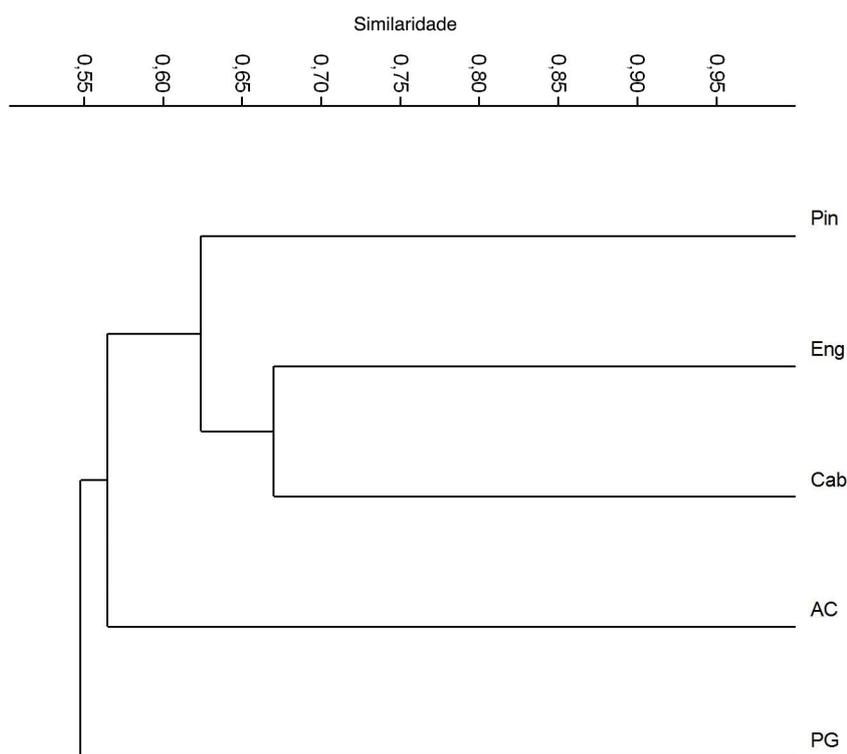


Figura 3. Agrupamento por UPGMA, utilizando o índice de Jaccard, efetuado a partir da presença/ausência de 150 espécies de Orchidaceae nos cinco núcleos do PEC (não considerando espécies adicionadas pela consulta ao SpeciesLink): Pedra Grande – PG, Engordador – Eng, Águas Claras – AC, Cabuçu – Cab e Pinheirinho – Pin (coeficiente de correlação cofenética = 0,8017).

Figure 3. Grouping UPGMA using Jaccard index made from the occurrence of 150 species of Orchidaceae in the five nuclei of PEC (species added after consulting the SpeciesLink were not considered): Pedra Grande – PG, Engordador – Eng, Águas Claras – AC, Cabuçu – Cab and Pinheirinho – Pin (cophenetic correlation coefficient = 0.8017).

3.3 Conservação *in situ*: Realocação de Plantas na Natureza

As orquídeas encontradas em árvores e galhos caídos foram resgatadas, dando-se preferência à remoção da planta com parte do substrato visando minimizar os danos sobre o sistema radicular, garantindo melhores condições de sobrevivência aos exemplares, que após tratamento fitossanitário, foram realocadas no habitat nas condições ideais para cada espécie.

Algumas plantas de cada espécie foram realocadas no entorno do Centro de Visitantes e nas trilhas de visitação e são utilizadas em atividades de educação para a conservação. Foram resgatadas 3.120 orquídeas de 105 espécies, das quais 450 foram incluídas em coleções científicas do IBt e PEC e 2.670 realocadas na natureza.

3.4 Conservação *ex situ*: Inclusão de Plantas em Coleções

Parte das plantas provenientes de resgate em árvores e galhos caídos, foi incluída nas coleções do Orquidário Frederico Carlos Hoehne – IBt e do Parque Estadual da Cantareira, fornecendo material para documentação em herbário, fotografias e identificação posterior, além de servir como instrumento de educação para a conservação.

O cultivo das plantas em estufa, no Núcleo Pedra Grande, facilitou os estudos e aumentou a chance de sobrevivência das plantas resgatadas por permanecerem no próprio habitat. O trabalho de resgate, por sua vez, vem se mostrando muito útil ao conhecimento, identificação botânica e conservação da família Orchidaceae no Parque Estadual da Cantareira.

3.5 Atividades de Educação para a Conservação

Foi elaborado um minicurso intitulado Reconhecimento e Identificação de Orquídeas em Trilhas,

sendo ministrado aos educadores ambientais de todos os núcleos. Durante o minicurso, ministrado semestralmente, os educadores foram apresentados à família Orchidaceae e às principais espécies presentes na coleção viva e trilhas de visitação, além de participarem de atividades de capacitação para identificação, cultivo, resgate das orquídeas em árvores e galhos caídos e sua posterior realocação. A coleção viva, montada com as espécies resgatadas no Núcleo Pedra Grande, foi adequada para ser utilizada durante a visitação, realizada diariamente. Foram elaboradas placas interpretativas, um manual ilustrado impresso na forma de banner e observadores feitos de bambu, adaptados de Honig (2000), para facilitar a visualização das orquídeas realocadas nas árvores no entorno da coleção.

Foram realizadas oficinas mensais com o objetivo de sensibilizar os visitantes sobre a necessidade de preservação dos recursos naturais, divulgando boas práticas ambientais no manejo, cultivo e realocação. Ao final do roteiro, cada turma teve a opção de realocar uma orquídea resgatada nas árvores do Centro de Visitantes.

O manual ilustrado (Figura 4) elaborado, foi adaptado e impresso no formato *banner* (1,2 m x 2 m) e afixado junto à coleção viva no PEC para ser usado complementando as visitas escolares, contém características da família Orchidaceae e fotos de algumas espécies mais notáveis que podem ser observadas na coleção e Centro de Visitantes.

A coleção viva e as árvores do entorno que receberam plantas realocadas foram utilizadas nas atividades de educação para a conservação e observou-se grande interesse dos visitantes pela coleção do orquidário e também pela utilização dos observadores de bambu na visualização das plantas realocadas.

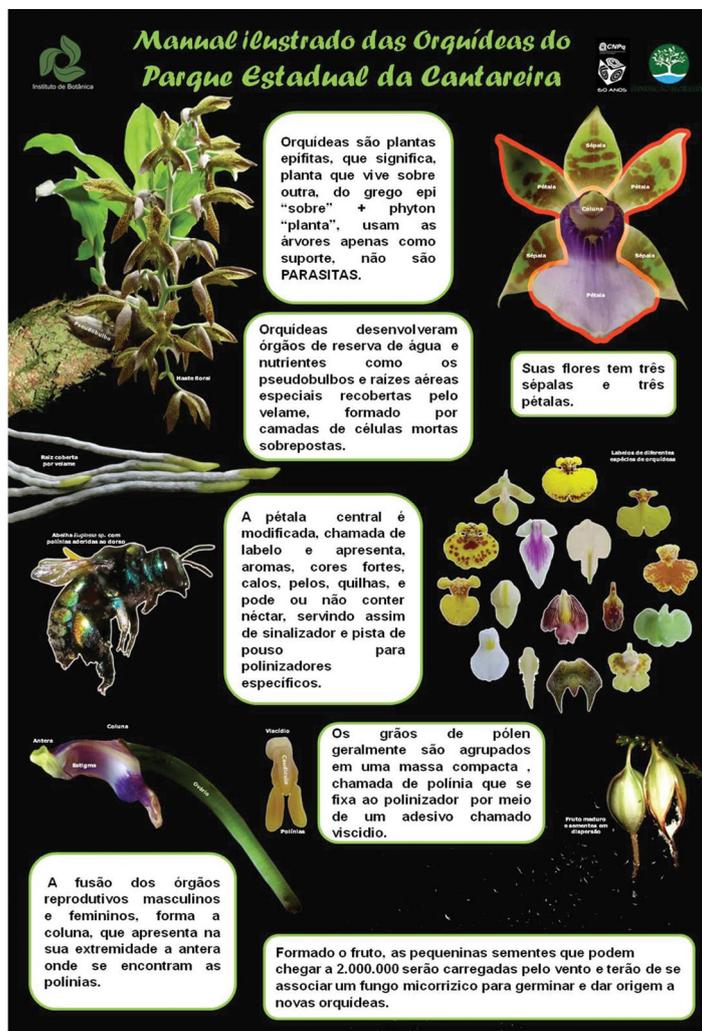


Figura 4. Banner elaborado para a estufa do PEC, adaptado a partir do manual ilustrado, para uso em atividades educativas.
Figure 4. Banner prepared for the PEC greenhouse, adapted from the illustrated handbook for use in educational activities.

4 CONCLUSÕES

Tendo em vista a listagem de 159 espécies, maior número de orquídeas já registrado nos estudos em áreas específicas em São Paulo, pode-se concluir que o Parque Estadual da Cantareira é a unidade de conservação paulista com maior riqueza da família Orchidaceae registrada até o momento, o que torna necessária a concentração de esforços a fim de conservá-la. Concluímos também que, entre essas espécies, algumas podem ser consideradas indicadoras da floresta madura e de seus remanescentes.

Sugere-se a ampliação dos estudos incluindo ações conjuntas como conservação *in situ* por meio do resgate e realocação e implementação

da conservação *ex situ* por meio da inclusão de plantas coletadas em coleções científicas, possibilitando a micropropagação das espécies raras e ameaçadas, fornecendo propágulos para a reintrodução nas áreas do PEC e oferecendo plantas nativas propagadas para o mercado orquidófilo para diminuir a coleta e o comércio ilegais de plantas nativas retiradas das matas, além da implementação de atividades educativas considerando a família como foco. A metodologia de resgate e cultivo, além do grande período de coletas, proporcionou uma listagem ampla de espécies, uma vez que as plantas foram acompanhadas até a floração e posterior identificação, o que seria mais difícil de realizar somente com observação de exemplares floridos no habitat.

O desenvolvimento de atividades educativas, proporcionando a transposição de dados científicos em atividades e material didático, e a elaboração do manual ilustrado e placas interpretativas para a coleção viva, associada ao uso em atividades de educação para a conservação, mostrou que as orquídeas despertam a curiosidade, sendo possível abordar inúmeros temas como: biologia floral, polinização, morfologia vegetal, além de abordar inúmeros assuntos relacionados à problemática ambiental atual e à conservação dos recursos naturais renováveis.

Tendo em vista a observação da visita realizada na coleção viva montada no PEC, as primeiras impressões nos levam a crer que Orchidaceae, se utilizada como uma família-bandeira, pode ser uma excelente ferramenta para as atividades de educação para a conservação ali realizadas.

5 AGRADECIMENTOS

O autor Luciano Ramos Zandoná agradece aos amigos Servílio Mendes, Lucas Borges e Eitor Bastos, pela ajuda indispensável em campo; ao CNPq; ao Instituto de Botânica de São Paulo, por toda estrutura; aos membros da banca, Fábio de Barros e Frederico Arzolla; aos gestores do Parque Estadual da Cantareira, Fernando Descio e Vladimir Arrais, pela recepção amigável e por toda infraestrutura; aos funcionários, educadores ambientais e amigos do Parque Estadual da Cantareira, pela ajuda indispensável ao estudo; à Fundação Florestal e ao Instituto Florestal, pelas autorizações e permissões para realização da pesquisa no Parque Estadual da Cantareira; aos funcionários do Herbário Dom Bento Pickel – SPSF; e aos revisores anônimos, pela colaboração no manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARZOLLA, F.A.R.D.P. **Florestas secundárias e a regeneração natural de clareiras antrópicas, na Serra da Cantareira-SP**. 2011. 141 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, UNICAMP, Campinas.

BARROS, F. Flora fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: Orchidaceae. **Hoehnea**, v. 10, p. 74-124, 1983.

BARROS, F. et al. Orchidaceae. In: LISTA de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB179>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2014.

BREIER, T.B. **O epifitismo vascular em florestas do sudeste do Brasil**. 2005. 139 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CATHARINO, E.L.M.; BARROS, F. Orquídeas do Maciço da Juréia e arredores. In: MARQUES, O.A.V.; DULEBA, W. (Ed.). **Estação Ecológica Juréia-Itatins: ambiente físico, flora e fauna**. Ribeirão Preto: Holos, 2004. p. 152-161.

DANTAS, A.G.M. **Geologia da Faixa São Roque e intrusivas associadas na região entre São Paulo e Mairiporã, norte da Grande São Paulo**. 1990. 199 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DISLICH, R.; MANTOVANI, W. A flora das epífitas vasculares da Reserva da Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira” (São Paulo, Brasil). **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 17, p. 61-83, 1998.

DIXON, K.; PHILLIPS, R.D. The orchid conservation challenge. **Lankesteriana**, v. 1-2, p. 11-12, 2007.

DRESSLER, R.L. **Phylogeny and classification of the orchid family**. Portland: Dioscorides Press, 1993. 341 p.

_____. How many orchid species? **Selbyana**, v. 26, p. 155-158, 2005.

FILGUEIRAS, T.S. et al. Caminhamento – um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, v. 2, n. 4, p. 39-43, 1994.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9 p., 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 5 fev. 2014.

- HIETZ, P. Diversity and conservation of epiphytes in a changing environment. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIODIVERSITY AND BIORESOURCES: CONSERVATION AND UTILIZATION, IUPAC, 1999, Phuket, Thailand. Disponível em: <http://www.iupac.org/symposia/proceedings/phuket97/hietz.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2014.
- HOEHNE, F.C. **Iconografia de Orchidaceas do Brasil**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1949. 614 p.
- HONIG, M. **Como dar vida ao seu jardim!** Interpretação ambiental em jardins botânicos. Tradução Maria Teresa Bernardes. Rio de Janeiro: RBJB, 2000. 92 p.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MIRENDA, T.J. Botanic gardens, education, and orchid conservation strategies: the need for a coordinated approach. **Lankesteriana**, v. 11, n. 3, p. 301-305, 2011.
- MYERS, N. et. al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- PABST, G.F.; DUNGS, F. **Orchidaceae brasiliensis**. Hildesheim: Brücke-Verlag Kurt Schmiersow, 1975. v. 1.
- _____. _____. Hildesheim: Brücke-Verlag Kurt Schmiersow, 1977. v. 2.
- PANSARIN, E.R.; PANSARIN, L.M. A família Orchidaceae na Serra do Japi, São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 59, n. 1, p. 99-111, 2008.
- PILIACKAS, J.M.; BARBOSA, L.M.; CATHARINO, E.L.M. Levantamento das epífitas vasculares do manguezal do Rio Picinguaba, Ubatuba, São Paulo. In: WATANABE, S. (Coord.). SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 5., 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Aciesp, 2000. v. 2, p. 357-363.
- PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001. 328 p.
- RASSMUSSEN, H.N.; RASSMUSSEN, F.N. The role of botanical gardens in orchid research. In: HEYWOOD, V.H.; JACKSON, P.S. (Ed.). **Tropical botanic gardens**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 275-287.
- RODRIGUES, V.T.; BARROS, F. A família Orchidaceae na Serra do Itapeti. In: MORINI, M.S. de C.; MIRANDA, V.F.O. de. (Org.). **Serra do Itapeti: aspectos históricos, sociais e naturalísticos**. Bauru: Canal 6, 2012. v. 1, p. 1-400.
- ROMANINI, R.P.; BARROS, F. Orchidaceae. In: MELO, M.M.R.F. et al. (Ed.). **Flora fanerogâmica da Ilha do Cardoso**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. v. 12, p. 29-275.
- SANTOS, A.C.L. **Composição florística e estrutura da comunidade de epífitas vasculares associadas a trilhas no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Botânica, São Paulo.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA 48, de 21 de setembro de 2004. Espécies da flora ameaçada de extinção do Estado de São Paulo. **Diário Oficial do Estado São Paulo**, Poder Executivo, v. 114, n. 179, 22 set. 2004. Seção I, p. 26.
- _____. Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: Fundação Florestal, 2010. 586 p.
- SEATON, T.P. Orchid conservation: where do we go from here? **Lankesteriana**, v. 7, n. 1-2, p. 13-16, 2007.
- SPECIESLINK. Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em: 30 set. 2014 .
- STEWART, J. Orchids in botanic gardens – necessity or luxury? In: HEYWOOD, V.H.; JACKSON, P.S. (Ed.). **Tropical botanic gardens**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 267-273.
- ZANDONÁ, L.R. **Orchidaceae no Parque Estadual da Cantareira: florística e conservação**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo.

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA EM PLANTIOS DE
Pinus elliottii Engelm. em CLEVELÂNDIA – PR¹

MEASUREMENT OF BIOMASS IN PLANTATIONS OF *Pinus elliottii* Engelm.

Gerson dos Santos LISBOA^{2, 7}; Karina LANZARIN³; David Fagner de Souza LIRA³;
Camila Mariah Magri PESCADOR⁴; Luciano Farinha WATZLAWICK⁵; Alvaro Felipe VALÉRIO⁶

RESUMO – Este trabalho teve como objetivo quantificar e modelar a biomassa em plantações de *Pinus elliottii* Engelm., com diferentes idades, no município de Clevelândia, Estado do Paraná. Os dados para a realização deste estudo foram provenientes de 25 povoamentos com idades de 1 a 25 anos, totalizando 125 árvores, sendo 5 para cada idade. As árvores foram derrubadas e seccionadas nos compartimentos: acículas, galhos vivos, galhos mortos, raízes, estruturas reprodutivas, madeira do fuste e casca do fuste. Em seguida, uma amostra de cada componente foi tomada para a obtenção de matéria seca. A ordenação da biomassa nos distintos componentes se distribuiu na ordem: madeira do fuste > raiz > casca > galhos vivos > acículas (estrutura fotossintética) > galhos mortos e estruturas reprodutivas. Visando à obtenção de estimativas do peso de biomassa nos diferentes compartimentos da árvore por meio de variáveis dendrométricas, foram ajustados vários modelos matemáticos, entre eles, modelos tradicionalmente encontrados na literatura florestal. De uma maneira geral, a quantidade de biomassa da maioria dos componentes, apresentou alta relação com as variáveis dendrométricas, resultando em equações adequadas, exceto para os componentes galhos mortos e estruturas reprodutivas. As equações geradas para estimativa de peso total e dos componentes arbóreos da biomassa nas árvores de *Pinus elliottii* Engelm. são importantes ferramentas para análises técnicas, planejamento de projetos e estudos de viabilidade para uso da madeira.

Palavras-chave: floresta plantada; manejo florestal; ajuste de equações; modelagem da biomassa florestal.

ABSTRACT – This study aimed to quantify and model the biomass in *Pinus elliottii* Engelm. plantations, with different ages, in the city of Clevelândia, state of Paraná. The data for this study came from 25 forest stands aged 1-25 years totaling 125 trees, 5 for each age. Trees were felled and sectioned in the compartments: needles, live branches, dead branches, roots, reproductive structures, wood stem and bark stem. Then, a sample was taken of each component for obtaining dry matter. Ordination of biomass in the different components are distributed in the order: wood stem > root > bark > live branches > needles (photosynthetic structure) > dead branches and reproductive structure.

¹Recebido para análise em 25.07.14. Aceito para publicação em 06.05.15. Publicado *on-line* em 30.06.15.

²Universidade Federal do Piauí – UFPI, BR 135, Km 3, Bairro Planalto Horizonte, 64900-000 Bom Jesus, PI, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, 97105-900 Camobi, Santa Maria, RS, Brasil.

⁴E-mail – camilamp@yahoo.com.br

⁵Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, R. Padre Honorino João Muraro, 875, Santa Cruz, 85015-430 Guarapuava, PR, Brasil.

⁶Prefeitura Municipal de Clevelândia, Praça Getúlio Vargas, n. 71, Centro, 85530-000 Clevelândia, PR, Brasil.

⁷Autor para correspondência: Gerson dos Santos Lisboa – gerson.lisboa@gmail.com

Several mathematical models, among them models traditionally found in the forest literature, were adjusted in order to obtain estimates of biomass weight by dendrometric variables in different tree compartments. In general, the amount of biomass had good relations with the dendrometric variables resulting in satisfactory equations except for dead branches and reproductive structure components. The generated equations to estimate the total weight and arboreal components of the biomass in trees of *Pinus elliottii* Engelm. are important tools for technical analysis, project planning and feasibility studies for timber use.

Keywords: planted forest; forest management; adjustment of equations; modeling of forest biomass.

1 INTRODUÇÃO

Os grandes investimentos para o crescimento econômico dos países após a Segunda Guerra Mundial promoveu o desenvolvimento das atividades agrícolas, comerciais e industriais com base em práticas imediatistas e não sustentáveis, tais como, queimadas, conversão do uso original da terra e a consolidação do petróleo como principal matriz energética, promovendo a emissão de gases como Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Clorofluorcarbonetos (CFCs), Hidrofluorcarbonetos (HFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF₆) causadores do efeito estufa.

Algumas perspectivas apontam que o aumento da concentração do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera pode apresentar como consequência, a elevação da temperatura média global entre 1,5 °C a 4,5 °C até o ano de 2050, o que ocasionaria transtornos de grandes proporções, procedentes da mudança do clima no planeta.

O CO₂ é o principal responsável pelo aquecimento global, sendo o gás mais emitido pelas atividades humanas e, devido a isto, existe um grande interesse em relação às florestas plantadas com rápido crescimento pela sua eficiência em fixação de carbono, havendo a necessidade do desenvolvimento de metodologias e técnicas adequadas para determinação e correto entendimento do volume de biomassa.

As florestas absorvem CO₂ da atmosfera por meio da fotossíntese durante seu crescimento, armazenando grandes quantidades de carbono na biomassa de folhas, galhos, troncos e raízes, e liberando oxigênio de volta na atmosfera. As florestas tropicais da América, África e Ásia representam grandes reservatórios de carbono.

No entanto, elas estão sendo desmatadas em uma taxa de cerca de 8 milhões de hectares por ano. Na tentativa de manter as florestas tropicais – e seus vastos estoques de carbono – intactas, a comunidade internacional está trabalhando para implementar políticas para compensar ações dos trópicos que reduzirem suas emissões de carbono provenientes de desmatamento e degradação florestal (Walker et al., 2011).

Estudos relacionados à quantificação de biomassa e carbono demandam trabalho, tempo e grande investimento financeiro. No entanto, sua determinação pode ser obtida por meio de métodos diretos e indiretos, nos quais o primeiro exige o corte das árvores e a pesagem de seus componentes separadamente e o segundo utiliza-se de dados precisos obtidos pelo método direto, para aplicação de técnicas de modelagem matemática ou de análise de imagens orbitais para a realização de estimativas.

A estimativa de biomassa é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono (Ketterings et al., 2001). Assim, a avaliação acurada da biomassa florestal e seu padrão de mudança no tempo é um pré-requisito para ajudar a entender a função das florestas no ciclo do carbono (Sedjo, 1992; Fan et al., 1998; Brown et al., 1999).

Políticas bem-sucedidas irão exigir, entre outras coisas, o desenvolvimento de sistemas de medições florestais operacionais e de monitoramento para acompanhar os ganhos e perdas de carbono florestal ao longo do tempo. Este guia de campo descreve algumas ferramentas e técnicas básicas que provavelmente formariam a base de qualquer sistema de medição e monitoramento (Walker et al., 2011).

Portanto, é de extrema importância o conhecimento da biomassa nos povoamentos florestais, bem como em seus distintos componentes. Para tanto, torna-se necessário o aperfeiçoamento de métodos de estimativas indiretas, buscando-se chegar a resultado confiável, por meio do desenvolvimento e uso de equações matemáticas apropriadas, utilizando dados originários de inventários florestais e assim, permitir o monitoramento e o entendimento das mudanças mais significativas nestas plantações, obtendo-se a quantidade de biomassa retida nas mesmas para uma determinada espécie. O presente estudo objetivou quantificar e modelar a biomassa em plantações de *Pinus elliottii* Engelm., com diferentes idades, no município de Clevelândia, Estado do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no município de Clevelândia – PR, terceiro Planalto Paranaense (Figura 1). A vegetação natural é a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2012). Conforme classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), sem estação seca definida e com ocorrência de intensas geadas no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C. A precipitação média anual varia de 1.980 a 2.100 mm.

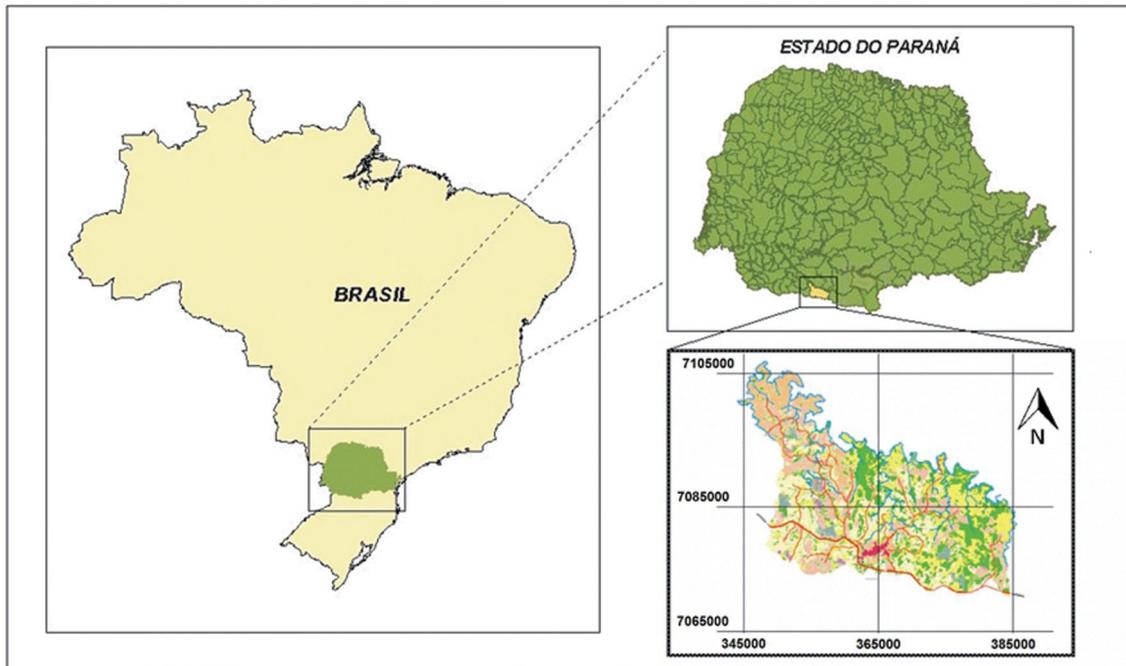


Figura 1. Croqui de localização da região de estudo, Clevelândia, PR.

Figure 1. Schematic illustration of study area location, Clevelândia, PR.

2.2 Amostragem e Quantificação da Biomassa

Os levantamentos foram realizados em 25 povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., com idades de 1 a 25 anos, em propriedades pertencentes às empresas AFV Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. e Camifra S/A Madeiras, Agricultura e Pecuária (Figura 2). O processo de amostragem utilizado foi o sistemático por meio do método de área fixa, sendo instaladas em cada povoamento unidades amostrais de 20 m x 20 m (400 m²).

Árvores com idade superior a dois anos tiveram a circunferência à altura do peito – 1,30 m – CAP medidas. Indivíduos com um ano de idade tiveram medidas a circunferência à altura do colo – CAC. Os valores de CAP foram convertidos em diâmetro à altura do peito – DAP. A semelhança dos tratos culturais e espaçamentos foi considerada na escolha das áreas selecionadas. Os inventários realizados para cada idade contemplaram amostragem superior a 1% da população, com um erro admissível de 10%, com nível de probabilidade igual a 95%.

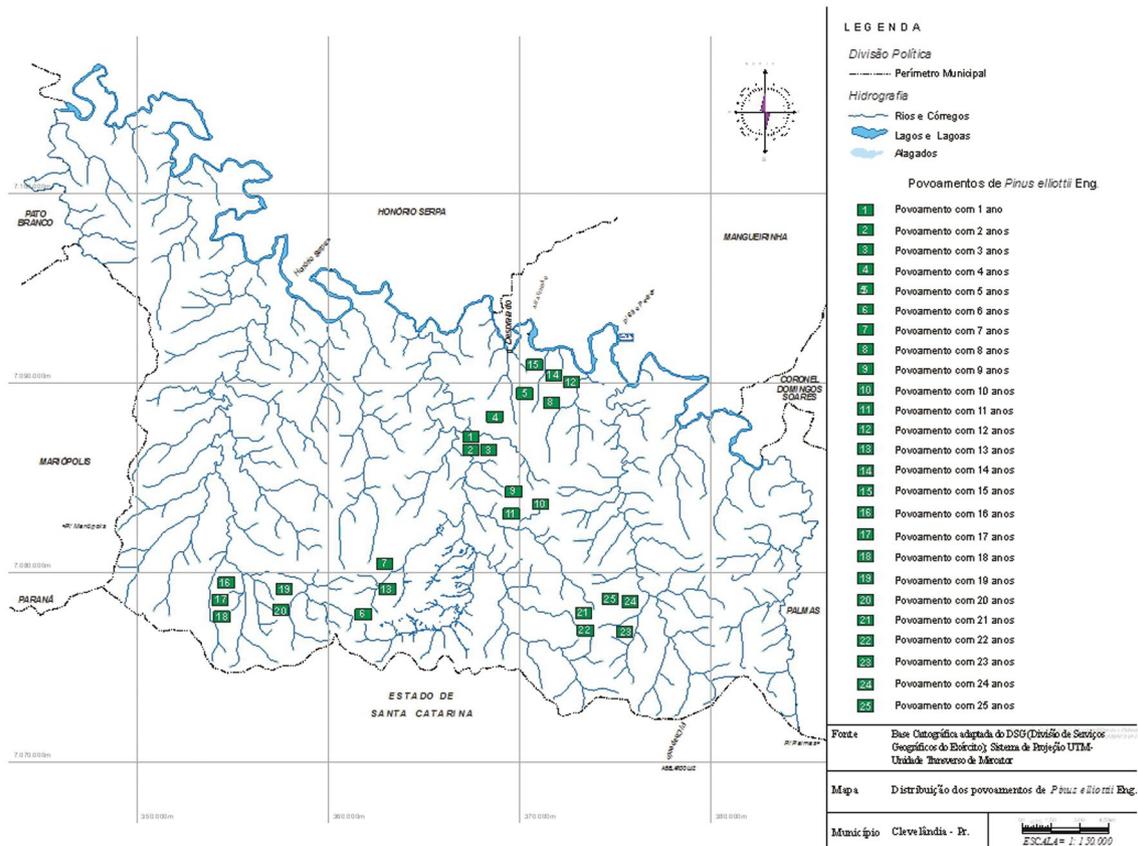


Figura 2. Localização dos povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Figure 2. Location of *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Com base nos dados inventariados foram cortadas cinco árvores em cada idade, totalizando 125 indivíduos amostrados, os quais tiveram seus componentes arbóreos separados em: madeira do fuste, casca do fuste, acículas e galhos vivos, sendo pesados em campo para obtenção da massa de matéria fresca. Na determinação da biomassa das raízes, foram quantificadas as árvores de área basal média do povoamento (dg) em cada idade, totalizando para este segmento amostra de raízes de 25 árvores. Os dados de biomassa foram coletados em campo no período de julho a dezembro de 2008, utilizando o método destrutivo. As amostras foram pesadas no campo em balança mecânica com precisão de 0,1 g.

Para estimar o estoque de biomassa utilizaram-se como variáveis dependentes a quantidade total de biomassa de cada árvore e seus componentes, como variáveis independentes

os valores advindos das medições de diâmetro à altura do peito – DAP, altura total (h) e a combinação de ambos.

Foram testados 17 modelos matemáticos para ajuste das equações de regressão, sendo 13 aritméticos e quatro logarítmicos, considerando cada um dos componentes da árvore, bem como a árvore inteira (Tabela 1).

Para selecionar a equação mais adequada para estimar a biomassa foram utilizadas as seguintes estatísticas: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro-padrão da estimativa corrigido em porcentagem ($Sy_x\%$), valor da estatística F e distribuição gráfica de resíduos em porcentagem. Serão apresentados os resultados estatísticos e os gráficos de distribuição de resíduos que melhor se ajustaram para cada componente, assim como para a totalidade da árvore, com base nos critérios estatísticos acima citados.

Tabela 1. Modelos matemáticos testados para estimar a biomassa dos distintos componentes de *Pinus elliottii* Engelm., em Clevelândia, PR.

Table 1. Mathematical models tested to estimate the biomass of the different components of *Pinus elliottii* Engelm., in Clevelândia, PR.

N.	MODELO MATEMÁTICO
1	$y = b_o d^b$
2	$y = b_o + b_1 d + b_2 d^2$
3	$y = b_o + b_1 d + b_2 (d^2 h)$
4	$y = b_o + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 (d^2 h)$
5	$y = b_o + b_1 d^2 + b_2 (d^2 h)$
6	$y = b_o + b_1 d + b_2 h$
7	$y = b_o d^b h^c$
8	$y = b_o + b_1 d$
9	$y = b_o + b_1 d^2$
10	$y = b_o + b_1 d^3$
11	$y = b_o + b_1 d^2 h$
12	$\ln y = b_o + b_1 \ln (d^2 h)$
13	$y = b_o + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3$
14	$y = b_o + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3 + b_4 d^4$
15	$y = b_o + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d^3 + b_4 d^4 + b_5 d^5$
16	$\ln y = b_o + b_1 \ln h$
17	$y = b_o + b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 (d^2 h)$

y = peso de biomassa; b_o, b_1, b_2, \dots = coeficientes; d = diâmetro à altura do peito; h = altura total da árvore.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados modelos da equação para estimar a biomassa total (parte aérea e raízes) em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., com base na análise estatística e distribuição gráfica dos resíduos. Destaca-se como a mais apropriada para estimativa de biomassa total a equação 1, apresenta sua maior simplicidade, demandando apenas uma variável independente, como também,

que a variável altura total (h) não expressa aumento da eficácia no ajuste dos modelos analisados, visto as condições de diferentes idades dos indivíduos (1 a 25 anos).

A distribuição dos resíduos da equação de melhor desempenho (Equação 1) pode ser observada na Figura 3, na qual se verifica que explicam de maneira satisfatória as variáveis de interesse, não obtendo uma distribuição de resíduos tendenciosa.

Tabela 2. Resultado das equações com melhor estatística para estimativa da totalidade de biomassa em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 2. Result of equations with the best statistics to estimate the total biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	R ² aj.	Syx%	F
Biomassa total	1	$y = 0,18838 d^{2,17493}$	0,9729	29,0732	862,657
	10	$y = 27,63326 + 0,01010 d^3$	0,9497	20,4132	435,4573
	12	$y = 0,27834 (dh)^{0,730605}$	0,9731	30,2700	832,9390
	15	$y = 156,12867 - 70,35593 d + 9,35952 d^2 - 0,48389 d^3 + 0,01132 d^4 - 0,0000942 d^5$	0,9476	18,8565	84,1265

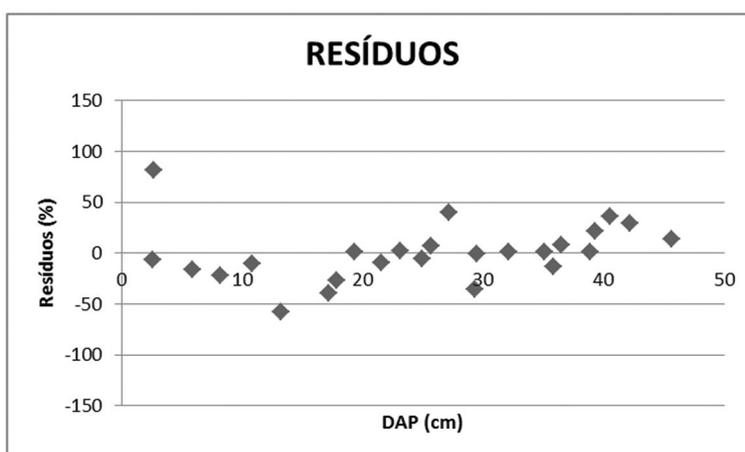


Figura 3. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa de biomassa total de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 3. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated total biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.1 Ajuste de Equações para Peso de Biomassa dos Componentes Acima do Solo

Os resultados dos ajustes da equação de melhor desempenho que exprimem a biomassa aérea, compreendido como aquele alocado nos componentes da árvore acima do solo, são apontados na Tabela 3.

A equação 1 apresentou coeficientes de determinação adequados e estatística F na estimativa de biomassa aérea, sendo eles 0,9726

e 4405,556, respectivamente. Outras equações (7 e 12) tiveram desempenhos semelhantes para as estatísticas avaliadas, porém a escolha da equação 1 se tornou mais apropriada do ponto de vista prático, sendo necessária somente uma variável independente de fácil obtenção.

A distribuição dos resíduos pode ser observada na Figura 4, na qual se verificou que a equação logarítmica 1 explicou de maneira satisfatória a variável de interesse, isenta de tendenciosidade.

Tabela 3. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa aérea em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 3. Result of equation with the best statistics to estimate above ground biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	R ² aj.	Syx%	F
Biomassa aérea	1	$y = 0,14504 d^{2,21232}$	0,9726	29,8498	4405,5456

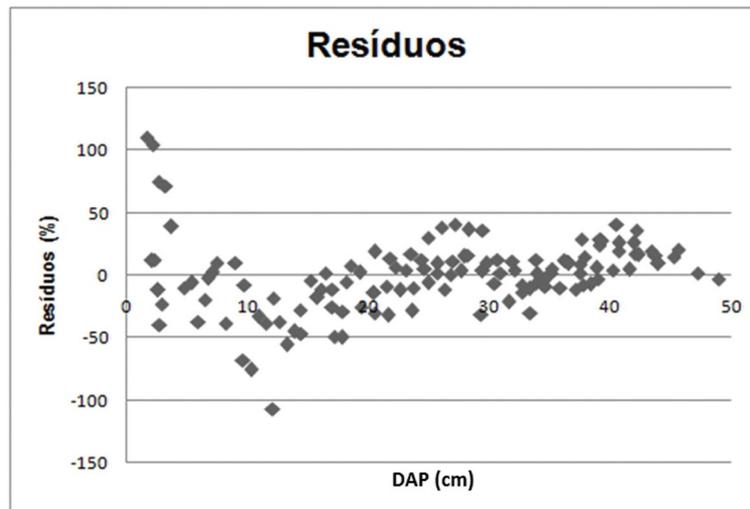


Figura 4. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa da biomassa acima do solo de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 4. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated above ground biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.2 Ajuste de Equações para Estimativa de Biomassa da Madeira do Fuste

A equação número 1 apresentou melhores estatísticas para estimativas de biomassa da madeira do fuste, descrevendo estatística com $R^2_{aj.}$ de 0,9718 e $Syx\%$ de 34,84% referentes à estimativa de biomassa. Na Tabela 4, pode ser visualizado o modelo da equação. Outras equações (7 e 12) obtiveram

desempenhos semelhantes para as estatísticas avaliadas. Destacou-se a equação 1 como mais apropriada devido à praticidade e facilidade da obtenção de apenas uma variável independente.

O gráfico de resíduos (Figura 5), referente à equação ajustada para biomassa da madeira do fuste, mostra que a equação logarítmica apresentou boa distribuição residual, sem tendência de super ou subestimativa ao longo da linha de regressão.

Tabela 4. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa da madeira do fuste em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 4. Result of equation with the best statistics to estimate stem wood biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	$R^2_{aj.}$	$Syx\%$	F
Biomassa do fuste	1	$y = 0,03389 d^{2,54292}$	0,9718	34,843	4271,857

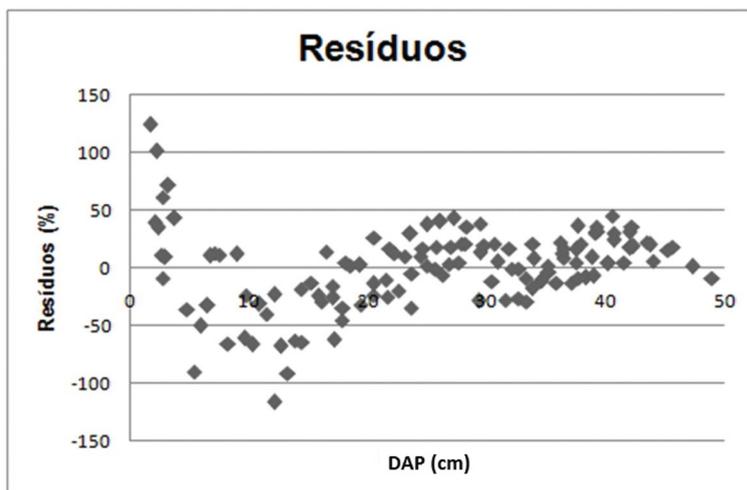


Figura 5. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa da biomassa da madeira do fuste de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 5. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated stem wood biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.3 Ajuste de Equações para Estimativa de Biomassa das Acículas

Os resultados dos ajustes dos modelos de equações que exprimem a biomassa das acículas de *P. elliottii*, entendida como a estrutura fotossinteticamente ativa, em kg, estão apontados na Tabela 5.

A equação selecionada para estimativa de biomassa das acículas apresenta $R^2_{aj.}$ de 0,9084

e Syx% de 34,4024%, cuja distribuição dos resíduos pode ser observada na Figura 6. As equações resultantes dos modelos logarítmicos 1 e 12 apresentaram melhor distribuição gráfica de resíduos para a biomassa das acículas. É importante salientar que o ajuste resultante do modelo 1 se destaca do ponto de vista prático, pois demanda apenas uma variável independente de fácil obtenção.

Tabela 5. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa das acículas em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 5. Result of the equation with the best statistics to estimate needles biomass in *Pinus elliottii* Engelm, Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	$R^2_{aj.}$	Syx%	F
Biomassa das acículas	1	$y = 0,16513 d^{1,34367}$	0,9084	34,3024	1230,62

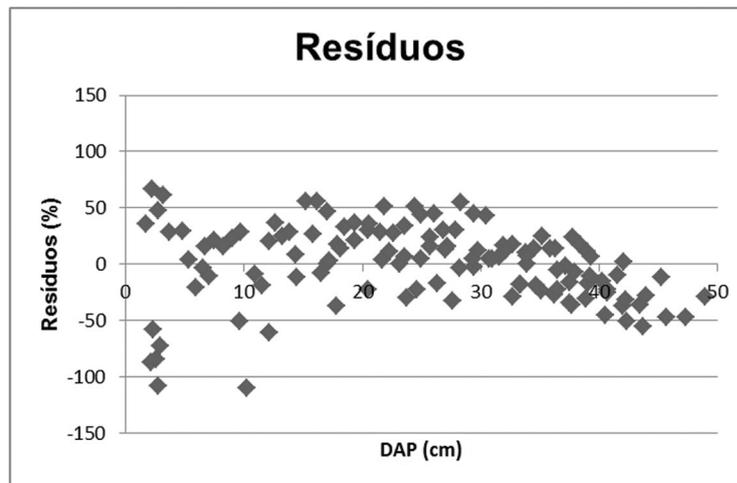


Figura 6. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa da biomassa das acículas de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 6. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated needles biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.4 Ajuste de Equações para Estimativa de Biomassa dos Galhos Vivos

A Tabela 6 apresenta a equação ajustada para estimar a biomassa dos galhos vivos.

A equação logarítmica 1, que relaciona a biomassa dos galhos vivos de *Pinus elliottii* Engelm.

em função do diâmetro à altura do peito, demonstrou o melhor desempenho, obtido para o coeficiente de determinação (0,9422), erro-padrão da estimativa (35,5993%) e o valor de 2021,367 para a estatística F. A distribuição gráfica dos resíduos (Figura 7) evidencia melhor distribuição para o ajuste resultante desse modelo.

Tabela 6. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa dos galhos vivos em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 6. Result of the equation with the best statistics to estimate live branches biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	R ² aj.	Syx%	F
Biomassa dos galhos vivos	1	$y = 0,05414 d^{1,78719}$	0,9422	35,5993	2021,36734

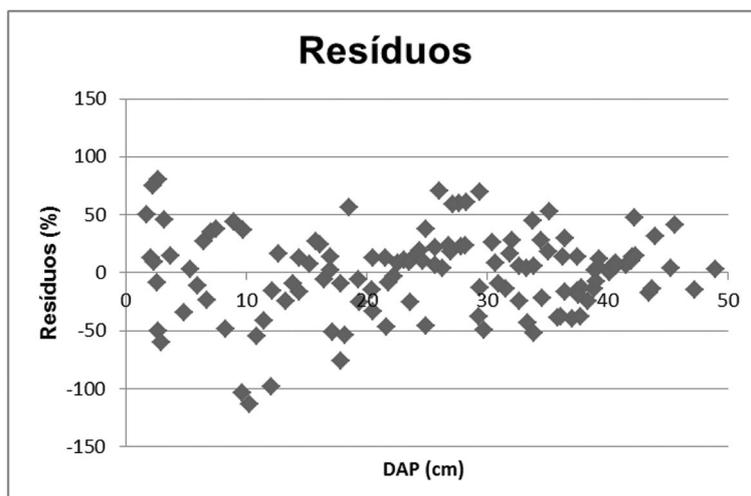


Figura 7. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa da biomassa dos galhos vivos de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 7. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated live branches biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.5 Ajuste de Equações para Estimativa da Biomassa da Casca do Fuste

Os resultados das equações que exprimem a biomassa da casca da árvore de *P. elliottii*, em kg, em função do DAP e altura total, estão exibidos na Tabela 7.

A equação selecionada para a estimativa de biomassa da casca retrata o $R^2_{aj.}$ de 0,9628 e

Syx% de 34,36%, cuja distribuição dos resíduos pode ser observada na Figura 8.

As equações resultantes dos modelos logarítmicos 1 e 12, denotaram melhor distribuição gráfica de resíduos para a biomassa e o carbono. No entanto, a equação 1 deve ser considerada como a mais apropriada do ponto de vista prático, visto ser necessária apenas uma variável independente de fácil obtenção.

Tabela 7. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa da casca do fuste em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 7. Result of the equation with the best statistics to estimate bark stem biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	$R^2_{aj.}$	Syx%	F
Biomassa da casca do fuste	1	$y = 0,01463 d^{2,17381}$	0,9628	34,3631	3209,56036

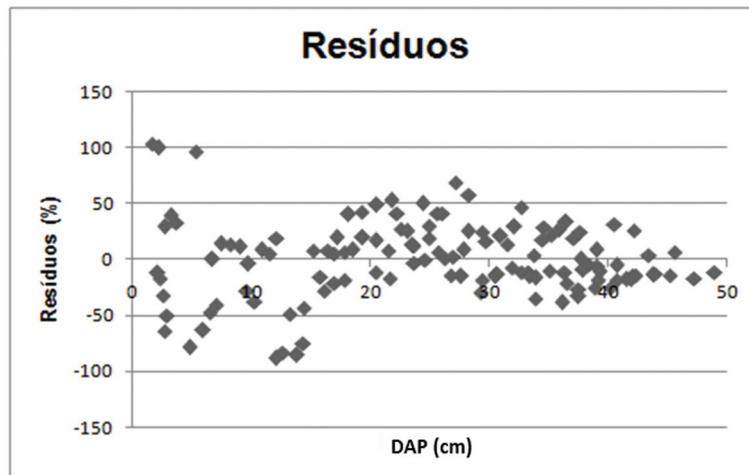


Figura 8. Distribuição dos resíduos para a equação número 1 na estimativa da biomassa da casca do fuste de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 8. Distribution of waste to the equation number 1 in the estimated bark stem biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

3.6 Ajuste de Equações para Estimativa de Biomassa de Raízes

Os resultados das equações que mostram a biomassa alocada na raiz das árvores de *P. elliottii* são evidenciados na Tabela 8.

A equação que apresentou melhor desempenho foi a equação logarítmica 1, obtendo

para biomassa e carbono o coeficiente de determinação 0,9413 e para o erro-padrão da estimativa 31,928%.

A distribuição gráfica dos resíduos (Figura 9) evidencia-se como homogênea para a equação resultante desse modelo.

Tabela 8. Resultado da equação com melhor estatística para estimativa de biomassa de raízes em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

Table 8. Result of the equation with the best statistics to estimate root biomass in *Pinus elliottii* Engelm., Clevelândia, PR.

	N.	EQUAÇÃO	R ² aj.	Syx%	F
Biomassa das raízes	1	$y = 0,13122 d^{1,59798}$	0,9413	31,9282	386,1214

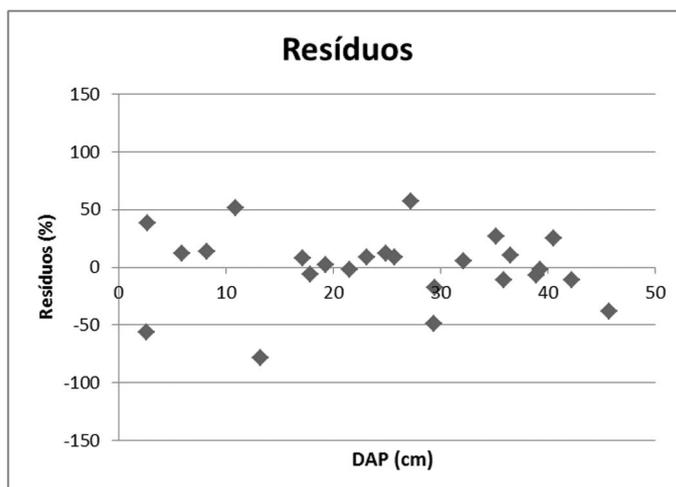


Figura 9. Distribuição dos resíduos para a equação de melhor desempenho na estimativa da biomassa da raiz de *Pinus elliottii* Engelm.

Figure 9. Distribution of waste for the best performance equation in the estimated root biomass of *Pinus elliottii* Engelm.

4 CONCLUSÕES

Foi possível gerar estimativas com alta precisão para povoamentos de 2 a 25 anos com a mesma equação, simplificando os procedimentos práticos de inventário de biomassa.

O diâmetro à altura do peito – DAP foi a variável independente mais adequada para a estimativa dos componentes analisados neste estudo.

Entre os modelos testados para a obtenção das estimativas de biomassa e peso de carbono, os ajustes mais adequados foram obtidos com o modelo $y = b_0 d^b$, que, em geral, apresentou estatística dentro de limites aceitáveis. Todavia, recomenda-se sua aplicação somente dentro da amplitude de diâmetros e alturas incluídas nesta pesquisa, devendo ser considerada a variação abrangida pelos dados amostrais, sendo que seu uso para outras situações e localidades com diferentes sítios implica em teste prévio de exatidão e acuidade dos mesmos.

A análise gráfica dos resíduos permite observar que a utilização de modelos logarítmicos mostrou ser superior aos modelos lineares testados para o peso da biomassa nos distintos componentes.

Os estudos sobre a quantificação de biomassa visando à avaliação do potencial de fixação de carbono por plantações não devem desprezar a determinação do sistema radicular da árvore, visto que sua contribuição para o total é expressiva.

As equações geradas para estimativa de peso total e dos componentes arbóreos da biomassa das árvores de *Pinus elliottii* Engelm. são importantes ferramentas para análises técnicas, planejamento de projetos e estudos de viabilidade visando participar do mercado de créditos de carbono.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 274 p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 2).

KETTERINGS, Q.M. et al. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting abovegroup tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management**, v. 146, p. 199-209, 2001.

SEDJO, R. A. Temperature forest ecosystem in the global carbon cycle. **Ambio**, v. 21, p. 274-277, 1992.

WALKER, W. et al. **Guia de campo para estimativa de biomassa florestal e estoque de carbono**. Versão 1.0. Falmouth: Centro de Pesquisas Woods Hole, 2011. 72 p.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROWN, S.L.; SCHOEDER, P.; KERN, J.S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1-3, p. 81-90, 1999.

FAN, S. et al. A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide models. **Science**, n. 282, p. 386-387, 1998.

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 publicadora 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 sombreado 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, sobreexplotadas, 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.



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE