

Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

Bruno Covas

DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL

Miguel Luiz Menezes Freitas



ISSN Online 2178-5031

Revista do

INSTITUTO FLORESTAL

v. 24 n. 2 p. 143 - 262 dez. 2012

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)	
1994, 6	2004, 16(1-2)	
1995, 7(1-2)	2005, 17(1-2)	
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 Directory of Open Access Journal – DOAJ, E-Journals, Latindex, Open J-Gate e Sumários de Revistas Brasileiras.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal
Rua do Horto, 931
Cep: 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 *online* em 14 de junho de 2013

Tiragem: 400 exemplares

CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Lígia de Castro Etori – EDITOR-CHEFE/EDITOR-IN-CHIEF

Gláucia Cortez Ramos de Paula – EDITOR-ASSISTENTE/ASSISTANT EDITOR

EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin <i>FCA – UNESP – Botucatu</i>	Israel Luiz de Lima <i>Instituto Florestal</i>
Alexsander Zamorano Antunes <i>Instituto Florestal</i>	João Carlos Nucci <i>UFPR</i>
Antonio da Silva <i>Instituto Florestal</i>	Leni Meire Pereira Ribeiro Lima <i>Instituto Florestal</i>
Antonio Ludovico Beraldo <i>FEAGRI – UNICAMP</i>	Leonardo Alves de Andrade <i>UEPB – Areia</i>
Beatriz Schwantes Marimon <i>UNEMAT – Nova Xavantina</i>	Maria de Jesus Robim <i>Instituto Florestal</i>
Carla Daniela Câmara <i>UTFPR – Medianeira</i>	Maurício Ranzini <i>Instituto Florestal</i>
Claudio de Moura <i>Instituto Florestal</i>	Miguel Angel Vales Garcia <i>Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba</i>
Daniela Fessel Bertani <i>Instituto Florestal</i>	Milton Cezar Ribeiro <i>IB – UNESP – Rio Claro</i>
Daisy Vilamajó Alberdi <i>Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba</i>	Paulo Eduardo Telles dos Santos <i>EMBRAPA Florestas</i>
Humberto Gallo Júnior <i>Instituto Florestal</i>	Rosângela Simão Bianchini <i>Instituto de Botânica</i>
Ingrid Koch <i>UFSCAR – Sorocaba</i>	Roseli Buzanelli Torres <i>Instituto Agrônomo de Campinas</i>
Isabel Fernandes de Aguiar Mattos <i>Instituto Florestal</i>	Solange Terezinha de Lima-Guimarães <i>IGCE – UNESP – Rio Claro</i>

CONSELHO EDITORIAL/EDITORIAL COUNCIL

Alain Philippe Chautems – <i>Conservatoire et Jardin Botanique de la ville de Genève, Suíça</i>
Eduardo Salinas Chávez – <i>Universidad de la Habana, Cuba</i>
Fábio de Barros – <i>Instituto de Botânica</i>
Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues – <i>UFSCAR – Sorocaba</i>
George John Shepherd – <i>IB-UNICAMP</i>
Maria Margarida da Rocha Fiuza de Melo – <i>Instituto de Botânica</i>
Miguel Trefaut Urbano Rodrigues – <i>IB-USP</i>
Robin Chazdon – <i>The University of Connecticut, EUA</i>
Sueli Angelo Furlan – <i>FFLCH-USP</i>
Walter de Paula Lima – <i>ESALQ-USP</i>

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

REVISÃO FINAL
FINAL REVIEW
Carlos Eduardo Sposito
Yara Cristina Marcondes

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

EDITORIAÇÃO GRÁFICA
GRAPHIC EDITING
Yara Cristina Marcondes

TRATAMENTO DE IMAGENS
IMAGE EDITING
Priscila Weingartner
Guilherme Augusto Velozo

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

ANALISTAS/REFEREES

Carolline Zatta Fieker
Universidade Federal de São Carlos

Danielle Assis de Faria
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Evandro Novaes
Universidade Federal de Goiás

Ezer Dias de Oliveira Jr.
FATEC – Capão Bonito

Franciane Andrade de Pádua
Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba

Frederico Alexandre Roccio Dal Pozzo Arzolla
Instituto Florestal

Giselda Durigan
Instituto Florestal

Gláucia Cortez Ramos de Paula
Instituto Florestal

José Mauro Santana da Silva
Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba

Julia Sonsin Oliveira
Instituto Florestal

Juliana Degenhardt-Goldbach
Embrapa Florestas

Juliana Marcondes Bussolotti
UNITAU

Leonardo Dias Meireles
UNICAMP

Marcio Carlos Navroski
Universidade Federal de Santa Maria

Marilda Rapp de Eston
Instituto Florestal

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas

Ricardo Augusto Gorne Viani
UNICAMP

Ricardo José Franscischetti Garcia
Herbário Municipal de São Paulo

Ricardo Marques Barreiros
UNESP – Itapeva

Selma Lopes Goulart
Universidade Federal de Lavras

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

SUMÁRIO/CONTENTS

ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

- Identification of molecular markers linked to early flowering in *Eucalyptus grandis*.
Identificação de marcadores moleculares relacionados ao florescimento precoce em *Eucalyptus grandis*. Ana Paula Cazerta FARRO; Tânia Mara BORTOLOTO; Shinitiro ODA; Eduardo MELLO; Celso Luis MARINO 149-157
- Espectros biológicos florísticos de Campos Rupestres de afloramento e Campos Úmidos diferem entre si e em relação ao Espectro Biológico Normal de Raunkiaer. Floristic biological spectra of Rock outcrops and Wet grasslands differ between themselves and in relation to the Raunkiaer's Normal Biological Spectrum. Natalia de Oliveira COSTA; Roque CIELO-FILHO 159-171
- Relação de uso dos recursos naturais pelas comunidades do entorno de um fragmento florestal urbano no Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco. Relation of use of natural resources by surrounding communities of an urban forest fragment in Dois Irmãos State Park, Recife – Pernambuco. Diogenes José Gusmão COUTINHO 173-187
- Anatomia do lenho de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae) uma espécie endêmica. Wood anatomy of *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (Rutaceae) an endemic species. Adriano Antonio DAROSCI; Maria Terezinha Silveira PAULILO 189-199
- Seed removal in an Atlantic Forest fragment and a restoration site in southern Brazil. Remoção de sementes em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual e em um plantio de restauração no Sul do Brasil. Roberta Thays dos Santos CURY; Carolina Yumi SHIMAMOTO; Fernanda Fernandes Cordeiro de LIMA; José Marcelo Domingues TOREZAN 201-209
- Silvicultura de precisão: aplicações e implicações. Precision forestry: applications and implications. Aurino MIRANDA NETO; Wanusa Helena CAMPOS; Kelly de Almeida SILVA; Andressa Mineti do ROSÁRIO; Elias SILVA 211-223
- Frugivoria por aves em *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) em ambientes antropizados na região de Sorocaba–SP. Frugivory by birds in *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) at anthropic environment in Sorocaba–SP region. Nayara Francine LAMBERTI; Regina Yuri Hashimoto MIURA; Bruna Gonçalves da SILVA 225-241

NOTA CIENTÍFICA/SCIENTIFIC NOTE

- Identificação de possíveis ESTs de *Eucalyptus* relacionados a genes responsáveis pelo alongamento celular (Nota Científica). Identification of possible ESTs of *Eucalyptus* related to genes responsible for elongation (Scientific Note). Léo ZIMBACK; Edson Seizo MORI; Mario Luiz Teixeira de MORAES; Daniel Dias ROSA; Edson Luiz FURTADO; Celso Luiz MARINO; Ivan de Godoy MAIA; Carlos Frederico WILCKEN; Edivaldo Domingues VELINI; Iraê Amaral GUERRINI; Hideyo AOKI 243-249
- Alterações morfológicas em *Eucalyptus grandis* sob aplicação de biorreguladores no período juvenil (Nota Científica). Morphological modifications in *Eucalyptus grandis* with application of bioregulators at juvenile stage (Scientific Note). Cristiano Bueno de MORAES; Glaucia UESUGI; Léo ZIMBACK; Iraê Amaral GUERRINI; Edson Seizo MORI 251-257

IDENTIFICATION OF MOLECULAR MARKERS LINKED TO EARLY FLOWERING IN *Eucalyptus grandis*¹

IDENTIFICAÇÃO DE MARCADORES MOLECULARES RELACIONADOS AO FLORESCIMENTO PRECOCE EM *Eucalyptus grandis*

Ana Paula Cazerta FARRO^{2, 5}; Tânia Mara BORTOLOTO³;
Shinitiro ODA⁴; Eduardo MELLO⁴; Celso Luis MARINO³

ABSTRACT – Flowering time is an important trait for tree breeding because it determines the speed of generation turnover and therefore the rapidity of genetic gains, and it is of particular interest in *Eucalyptus* species. In this work, we used simple sequence repeats (SSRs), random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis and specific markers for flowering to evaluate early flowering segregation in a full-sibling family of *Eucalyptus grandis* and to identify molecular markers associated with the control of flowering time. A cross between a normal flowering tree (wild-type) and early flowering tree resulted in 118 progeny with a 1:1 Mendelian segregation ratio for flowering time ($\chi^2 = 0.5424$, $P > 0.05$), which suggested the action of one main gene in a locus named *Early flowering in Eucalyptus grandis* (PFeg). The SSR marker EMBRA 02 was related to the QTL PFeg, and identified this region as a candidate for trait control. These maps may be used as the basis for a study in which can be inserted new markers in an attempt to find more loci related to early flowering characteristic on eucalyptus.

Keywords: *Eucalyptus*; flowering time; linkage map; microsatellites.

RESUMO – O tempo de florescimento é uma importante característica para o melhoramento genético de árvores, pois este determina o prazo para o surgimento de uma nova geração e a rapidez para o ganho genético de uma determinada espécie, como por exemplo, *Eucalyptus grandis*. Neste estudo foram utilizados marcadores moleculares do tipo microssatélites, *Random Amplified Polymorphism DNA* – RAPD, além de marcadores específicos para avaliar a segregação do florescimento precoce em uma família de irmãos-germanos de *E. grandis*. Foi também verificado se esses marcadores estão associados ao controle do tempo de florescimento na espécie. A progênie de 118 indivíduos avaliada foi originada do cruzamento entre uma árvore de florescimento normal e outra de florescimento precoce. A segregação da característica de florescimento precoce apresentou uma razão de 1:1 ($\chi^2 = 0,5424$, $P > 0,05$), o que sugeriu a ação de um gene principal no loco denominado PFeg (Florescimento Precoce em *Eucalyptus grandis*). O marcador SSR EMBRA 02 foi relacionado ao QTL PFeg e esta região foi identificada como uma região candidata ao controle da característica. Estes mapas poderão ser utilizados como base para um novo estudo no qual podem ser inseridos novos marcadores na tentativa de localizar mais regiões relacionadas à característica de florescimento precoce em eucalipto.

Palavras-chave: *Eucalyptus*; florescimento precoce; mapa de ligação; microssatélites.

¹Recebido para análise em 23.05.12. Aceito para publicação em 28.02.13.

²Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas – DCAB, CEUNES, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, Litorâneo, 29942-540 São Mateus, ES, Brasil.

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Departamento de Genética, Distrito de Rubião Junior s/n, 18618-000 Botucatu, SP, Brasil.

⁴Companhia Suzano Papel e Celulose, Rodovia Raposo Tavares, s/n, Km 168, 18203-340 Itapetininga, SP, Brasil.

⁵Autor para correspondência: Ana Paula Cazerta Farro – farro.ana@gmail.com

1 INTRODUCTION

Brazil is one of the largest short fiber cellulose producers in the world. Careful genetic breeding programs and widespread suitable climatic conditions have contributed to this high productivity, which is primarily centered on the *Eucalyptus* genus. Early flowering is a desirable trait in breeding programs of forest trees for shortening generation intervals. Early flowering could be a very useful trait both in breeding and experimental genetics of *Eucalyptus* and has been the focus in previous studies (Domingues et al., 2006; Missiaggia et al., 2005).

The age of the plant at the first flowering in *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden takes place at 2 to 3 years in Australia. In other species of the genus, like *Eucalyptus dunnii* Maiden, flowering occurs at 7 to 10 years (Eldridge et al., 1993).

The wide range of climatic conditions in Brazil means that eucalypt species flower at different ages. For, example, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake produces seeds within two years, whereas *E. grandis* flowers at the same age that it does in Australia, around three years of age and produces seeds in four years (Mora et al., 1981). However, despite this well-known flowering pattern, few *E. grandis* individuals actually flower earlier, including those in nurseries (Missiaggia et al., 2005). For example, an *E. grandis* tree that flowered at one year of age was identified in the breeding program of the Suzano Papel e Celulose Company.

The genetic control of flowering time has not been completely established, although a candidate gene is the transcription factor *ELF1*. This factor, which is associated with the meristem transition from a vegetative to reproductive state, has been isolated in *E. grandis* (Dornelas et al., 2004) and *E. globulus* Labill (named *LFY*) (Southerton et al., 1998). The *ELF1* factor can be mapped through polymorphisms in segregating populations (Thamarus et al., 2002).

In this study we examined the segregation of early flowering in a full-sib family of *E. grandis* and identified one genomic region linked to this trait.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 Plant Material and Early Flowering

A full-sib family of *E. grandis* (118 individuals) was obtained by controlled pollination and showed early flowering in the field.

The maternal progenitor, which originated from Zimbabwe (Africa), flowered early at one and a half years of age, whereas the paternal progenitor, from the Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (Brazil), flowered at three years of age. The population was part of the Suzano Papel e Celulose Company breeding program and was planted in four lines, with 2 x 3 m of spacing between the trees, in an area of 0.072 ha in the production unit (52C068) at Fazenda Santa Eliza (lat 23°52'42", long 47°59'00", altitude 660 m), on July 1, 1998.

Early flowering in this population was assessed by examining all branches of each tree, approximately one and half year after seed germination (in February, 2000). The individuals were classified as early flowering when they showed some floral structures (mature or immature buttons, flowers or bracts) on their branches.

2.2 DNA Extraction, RAPD and SSR Analysis

DNA was isolated from fresh leaves using the CTAB (cetyltrimethyl-ammonium bromide) method (Grattapaglia and Sederoff, 1994). The high molecular weight DNA was checked for quality and quantity by electrophoresis in 0.8% agarose gel with λ DNA standards (Invitrogen).

Two hundred and thirty-four RAPD primers were used. The polymorphism of each primer was initially screened against the progenitors and the most polymorphic markers were then selected and screened in the entire population. RAPD polymerase chain reaction (PCR) reaction mixtures (13 μ L) contained the following components and concentrations: 10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 1.9 mM MgCl₂, 0.3 μ M of 10-mer primer (Operon Technologies), 0.8 mM of dNTP (Invitrogen), 0.5% BSA (bovine serum albumin), 15 ng of template genomic DNA and 0.9 U of *Taq* DNA polymerase (Invitrogen). DNA amplifications were done in an MJ PTC100™ incubator (MJ Research, Watertown, MA, USA) using the following program: 3 min at 96 °C for 1 cycle, 1 min at 92 °C, 1 min at 35 °C and 2 min at 72 °C for 40 cycles, with a final cycle of 2 min at 72 °C. The amplification products were separated on 1.5% agarose gels stained with ethidium bromide, in 1 x TBE buffer. The band profiles of each primer were scored manually on two occasions for the presence (1) or absence (0) of co-migrating fragments in all accessions. Only reproducible bands were used in the subsequent analysis. The scored fragment sizes ranged from 200 bp to 2500 bp.

Twenty SSR primers (EMBRA) developed and mapped by Brondani et al. (1998) were randomly labeled with either of the three fluorescent dyes: 6-FAM (blue), HEX (green) and NED (yellow). SSR PCR reactions were done in a volume of 11 μ L of reaction containing 10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 5 μ M of each primer, 0.125 U of *Taq* DNA polymerase, 1.8 mM $MgCl_2$, 2.5 mM dNTP and 10 ng of DNA. By using three fluorescent dyes it was possible to perform the PCR reactions in *triplex* (i.e. with three different primer pairs) systems. DNA amplifications were done in an MJ PTC100TM thermocycler (MJ Research, Watertown, MA, USA) using the following program: 5 min at 95 °C for 1 cycle, 1 min at 95 °C, 1 min at 56 °C and 1 min at 72 °C for 29 cycles, with a final cycle of 5 min at 72 °C. The PCR products were subsequently diluted 1:10 in water and 3 μ L of a mix containing loading buffer and a molecular size marker (Rox) were added. The amplification products were separated on 4.25% polyacrylamide gels in an ABI PRISM 377 DNA sequencer (run conditions: 3,000 V, 60 mA, 200 W for 2.5 h at 51 °C). The fragments were detected and their size determined by using the programs Genescan and Genotyper (ABIPRISM).

2.3 Genotyping of Candidate Markers Related to Flowering

Since the *Eef1* QTL promotes early flowering in eucalyptus seedlings 60-90 days after seed germination (Missiaggia et al., 2005), we mapped this QTL using flanking markers detected with the following primers: EMBRA 27 - forward: ATAACCACACCAATCTGCA; reverse: TATAGCTCGAACGCTCAAC and EMBRA 164 - forward: CCTTGTTGAGCTCCTGTCT; reverse: ACTATCAGCGTCCTGCAA. The amplification reactions were done under the same conditions as for the other SSRs, except that electrophoresis was done in 6% polyacrylamide gels that were subsequently stained with silver nitrate and the fragment size then determined manually.

The *EgLFY* flowering gene of *E. grandis* (Dornelas et al., 2004), which shares homology with the *LFY* gene of *Arabidopsis*, is related to the initiation of flowering in this species. The gene fragment of *EgLFY* was amplified with the primers proposed by Dornelas et al. (2004) (forward: CTCCTCCTCCAAGTCCAATC;

reverse: TGGCGGAGCTTGGTGGGGACA). The PCR reaction mixtures (10 μ L) contained the following components at the concentrations indicated: 10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 0.5-3 mM $MgCl_2$, 0.5 μ M of each primer, 1 mM of dNTP (Invitrogen), 7.5 ng of template genomic DNA and 0.5 U of *Taq* DNA polymerase (Invitrogen). The DNA amplifications were done in a temperature gradient thermocycler (Eppendorf) using the following program: 5 min at 94 °C for 1 cycle, 30 s at 94 °C, 1 min at 43 °C and 1 min at 72 °C for 35 cycles, with a final cycle of 7 min at 72 °C. The amplification products were separated on 1% agarose gels in 1 x TBE buffer. The gels were stained with ethidium bromide, photographed and examined manually for the presence of bands.

The *SEEF* marker (SCAR – sequenced characterized amplified region) for *Eucalyptus* early flowering, developed to detect flowering in the same studied population and with 60% of efficiency to early flowering detection (Domingues et al., 2006), was used. Amplifications were performed using SEEF primers: forward-AGCGTCCTCCCTCCCGACTGAAAC and reverse-AGCGTCCTCCTAGGGCTTACGATG. PCR reaction mixtures (13 μ L) contained the following components at the concentrations indicated: 10 mM Tris-HCl, pH 8.0, 1 mM $MgCl_2$, 0.2 μ M of each primer, 1 mM of dNTP (Invitrogen), 0.5% BSA, 10 ng of template genomic DNA and 1 U of *Taq* DNA polymerase (Invitrogen). DNA amplifications were done in an MJ PTC100TM thermocycler (MJ Research) using the following program: 3 min at 96 °C for 1 cycle, 1 min at 94 °C, 1 min at 65 °C and 2 min at 72 °C for 35 cycles and a final cycle of 5 min at 72 °C. The amplification products were separated on 1% agarose gels in 1 x TBE buffer. The gels were stained with ethidium bromide, photographed and examined manually for the presence of bands.

2.4 Data Analysis

Chi-square analyses, single-locus analysis and grouping of markers were done with the GQMOL 2.1 software (Cruz and Schuster, 2004) that allows linkage analysis involving markers with different segregation types. All of the markers were tested for Mendelian segregation using Chi-square analysis (χ^2) ($P > 0.05$). The settings utilized were: “backcross” to test the testcross markers (1:1 segregation) and F_2 for the intercross markers (3:1 segregation).

The maps were constructed for each parent using the double-pseudo-testcross mapping strategy (Grattapaglia and Sederoff, 1994). The marker linkage groups from the maternal and paternal progenitors were determined using an LOD threshold > 3 and a recombination fraction < 0.3 . The Kosambi mapping function (Kosambi, 1944) was used to convert recombination units into genetic distances (cM).

3 RESULTS

3.1 Flowering Early Segregation

A Mendelian segregation ratio of 1:1 ($\chi^2 = 0.5424$, $P > 0.05$) was observed in the evaluation of the flowering in the field, with 63 individuals showing early flowering and 55 having no floral structures at one and a half years of age. The results suggest that early flowering is controlled by one locus with main effect. The normal time for flowering is dominant and the early flowering recessive. Brazil has one of the more advanced

breeding programs of eucalypt in the world, with consistent gains in productivity over the years, but little is known about the genetic control of adaptive traits and traits related to the biology of the species.

3.2 Segregation Analysis of Molecular Markers

Fifty RAPD primers (21.4% of the 234 primers tested in the progenitors) displayed polymorphism and were used for mapping. Four hundred and forty-eight bands were obtained, 284 (63.4%) of which were suitable for mapping, with sizes ranging from 200 bp to 2000 bp and no significant χ^2 . The number of RAPD bands with a 1:1 segregation varied from one to 14 (mean = 6.9) bands per RAPD primer.

Of the 20 SSR primer pairs, 18 displayed polymorphic bands with three segregation models (Table 1). The χ^2 test revealed five of the 18 markers differ from Mendelian segregation ratios ($P < 0.05$) (Table 1). Although this distorted the segregation by 27.8%, these markers were not excluded from the analysis to verify the position them on the parental maps.

Table 1. SSR primers and the respective amplified fragments used to map the maternal and paternal progenitors in this study, together with the expected segregation rates and χ^2 values for each marker.

Tabela 1. Primers SSR e seus respectivos fragmentos amplificados usados para mapear os progenitores materno e paterno deste estudo, juntamente com as segregações esperadas e valores de qui-quadrado para cada marcador.

Primer	Fragments in bp (alleles)		Segregation pattern	χ^2
	Maternal	Paternal		
EMBRA01	88/90	88/104	1:1:1:1	17.729*
EMBRA02	118/130	114/126	1:1:1:1	1.449
EMBRA03	128/130	130/136	1:1:1:1	20.69*
EMBRA04	80/104	96/104	1:1:1:1	0.235
EMBRA05	106/106	106/116	1:1	3.77
EMBRA06	130/150	132/144	1:1:1:1	0.666
EMBRA07	142/160	146/160	1:1:1:1	1.173
EMBRA08	138/168	152/166	1:1:1:1	13.05*
EMBRA09	116/120	116/120	1:2:1	22.426*
EMBRA10	138/144	138/138	1:1	0.305
EMBRA11	128/130	136/138	1:1:1:1	4.236
EMBRA12	134/152	134/152	1:2:1	1.139
EMBRA15	96/96	98/102	1:1	0.321
EMBRA16	180/204	180/204	1:2:1	9.58*
EMBRA17	128/132	130/132	1:1	1.445
EMBRA18	116/138	136/152	1:1:1:1	3.242
EMBRA19	162/162	158/160	1:1	1.309
EMBRA20	120/130	116/130	1:1:1:1	2.896

3.3 Linkage Map Assembly

The maternal progenitor map contained 174 markers that consisted of 164 RAPD (70 intercrosses + 94 testcrosses), eight SSRs, the flowering QTL *PFEg*, and the candidate SSR marker EMBRA 27. Of these markers, 101 (58.0%) were linked in 18 groups, including 12 larger groups (varying from 5-16 markers).

The linkage groups varied in size from 12.66 cM to 179.13 cM (Figure 1).

The SSR marker EMBRA 02 and the *PFEg* were linked in the maternal map (LG-08) at a distance of 35.09 cM with a LOD of 3.0 (Figure 1). Thamarus et al. (2002) found a linkage between EMBRA 02 and two flowering genes: AGE1 – *Agamous homolog* (Harcourt et al., 1995), at 89 cM, and ELF1 – *Leafy homolog* (Southerton et al., 1998) at 36 cM.

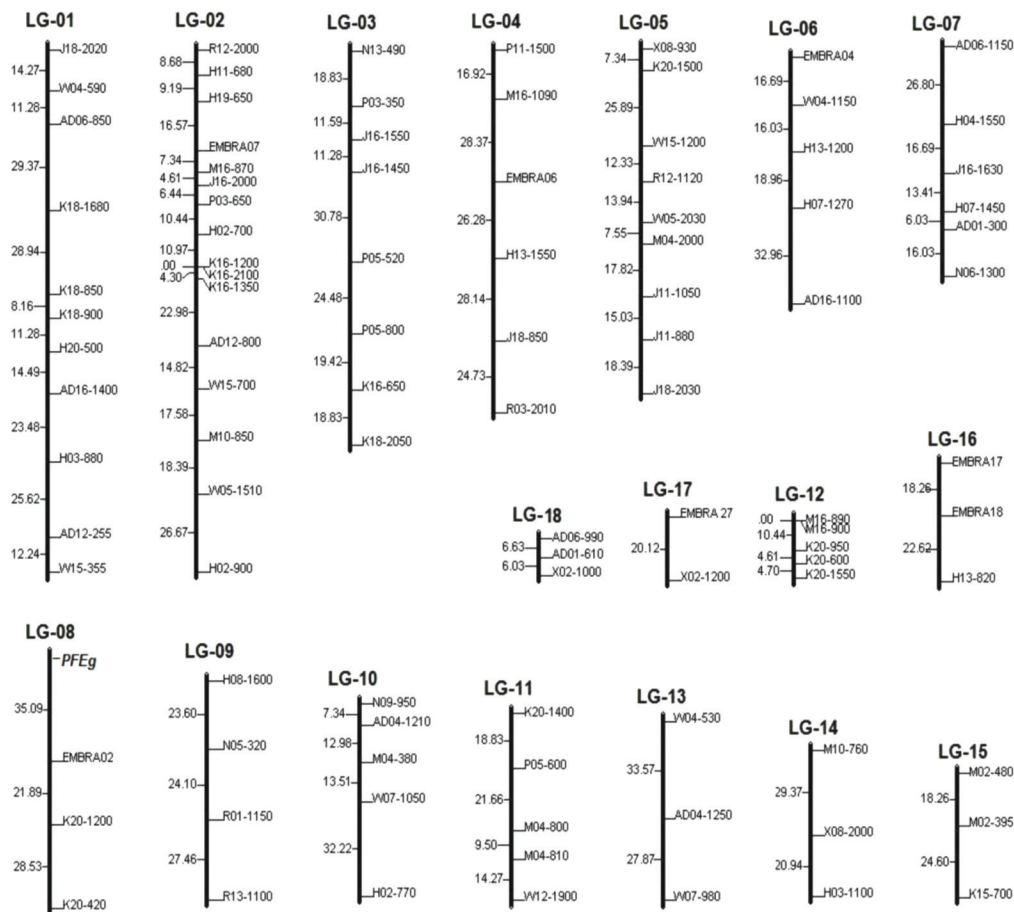


Figure 1. Maternal molecular linkage map for *Eucalyptus grandis*. The markers are shown on the right and genetic distances (centimorgans – cM) on the left of each linkage group (LG). Genetic distances were calculated with the Kosambi mapping function (Kosambi, 1944). In LG-08 it was found the *PFEg* locus linked to the EMBRA02 marker at a distance of 35.09 cM.

Figura 1. Mapa de ligação molecular maternal para *Eucalyptus grandis*. Os marcadores estão apresentados à direita e as distâncias genéticas (centimorgans – cM) à esquerda de cada grupo de ligação (LG). As distâncias genéticas foram calculadas com a função de mapeamento de Kosambi (Kosambi, 1944). No LG-08 é encontrado o loco *PFEg* ligado ao marcador EMBRA02 a uma distância de 35,09 cM.

The paternal progenitor map contained 191 markers that consisted of 178 RAPD (70 intercrosses + 108 testcrosses) and 13 SSRs. Of these markers, 101 (52.9%) were linked in 17 groups formed by 13 larger groups (4-13 markers) (Figure 2). The size of these groups varied from 21.26 cM to 191.23 cM.

Some linkage groups may represent the same chromosome. To examine this possibility,

the location of homologous groups was assessed using intercross markers (3:1 segregation) and SSR. Seven groups in the maternal map were paired with 10 groups in the paternal map (Figure 3). Overall, the maps showed 20 common markers that allowed seven groups in the maternal map to be paired with one or more groups in the paternal map (Figure 3).

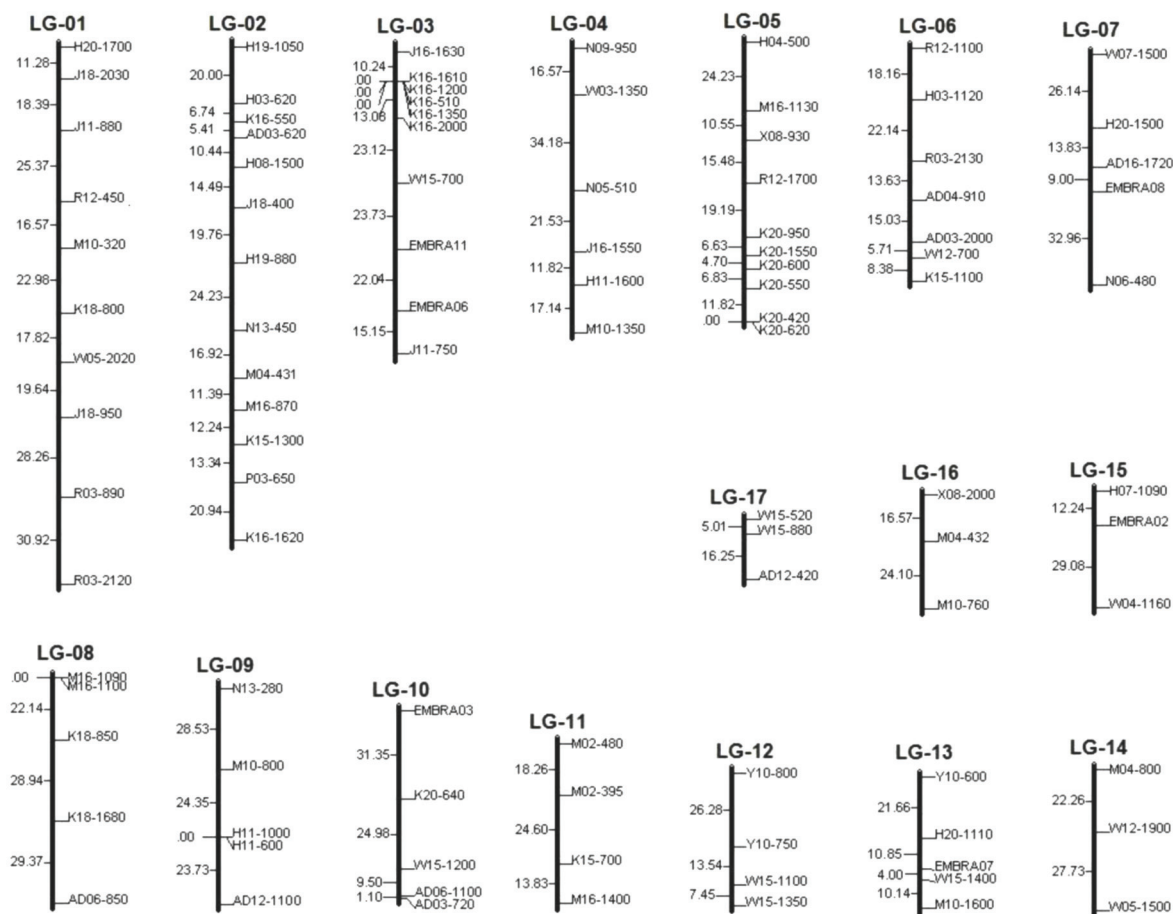


Figure 2. Paternal molecular linkage map for *Eucalyptus grandis*. The markers are shown on the right and genetic distances (centimorgans – cM) on the left of each linkage group (LG). Genetic distances were calculated with the Kosambi mapping function (Kosambi, 1944).

Figura 2. Mapa de ligação molecular paternal para *Eucalyptus grandis*. Os marcadores estão apresentados à direita e as distâncias genéticas (centimorgans – cM) à esquerda de cada grupo de ligação (LG). As distâncias genéticas foram calculadas com a função de mapeamento de Kosambi (Kosambi, 1944).

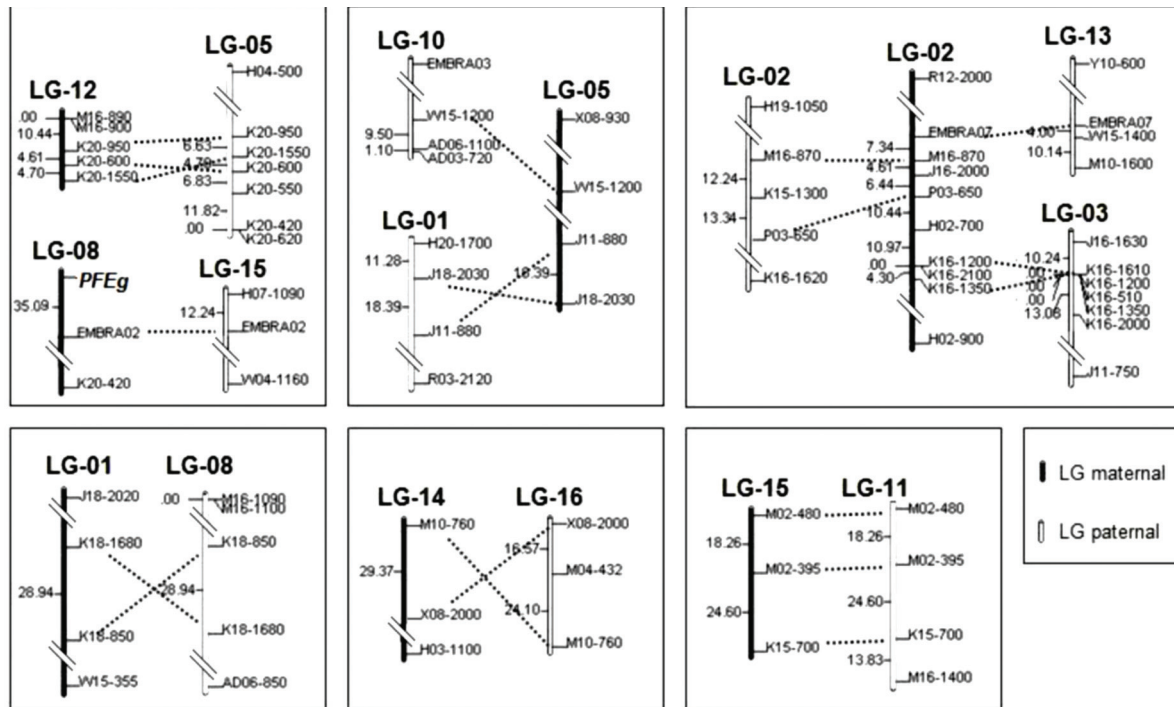


Figure 3. Comparison of the maternal and paternal progenitor linkage groups based on molecular markers common.

Figura 3. Comparação entre os grupos de ligação dos progenitores paterno e materno baseada em marcadores moleculares em comum.

3.4 Candidate Molecular Markers

The primer EMBRA 164 did not provide ideal amplification of the progenitors and F1 offspring. However, the primer EMBRA 27 yielded amplification products of 130-134 bp and was not linked with the flowering gene expressed in our crosses; linkage was observed only with the RAPD marker X02-1200 at a distance of 20.12 cM (LG-17 – Figure 1). These results indicate that early flowering observed in the present segregated population is not related to the *Eef1* locus (Missiaggia et al., 2005).

Amplifications done with the primers described by Dornelas et al. (2004) revealed unspecific fragments (280 – 350 bp) and the data were not used in the final map.

The SEEF marker (Domingues et al., 2006) showed recombination ratio of 40% with the *PFEg*. The SEEF was not mapped because in the map design was considered the minimal distance of 30 cM and LOD score 3.0. This marker is cis-linked in the paternal progenitor with normal flowering (Domingues et al., 2006).

4 DISCUSSION

4.1 Field Analysis of Flowering Phenotype

The early flowering trait has a segregation ratio of 1:1, this can be explained by the cross between a recessive progenitor (maternal) and a heterozygous progenitor (paternal) for a locus with main effect called *PFEg*. Missiaggia et al. (2005) found a 1:1 segregation ratio in a family with flowering in 60-90 days. The marker SRR EMBRA 27, linked to the *Eef1* locus (Missiaggia et al., 2005), was not shown to be linked to the *PFEg* locus identified in this study. This indicates the existence of multiple genomic regions involved in the time for the initiation of flowering in *Eucalyptus*.

The initiation of flowering depends on the balanced expression of a complex network of more than 80 genes (Levy and Dean, 1998) that are regulated by endogenous and environmental factors (Araki, 2001; Dornelas and Rodriguez, 2005; Mouradov et al., 2002). Flowering time may be controlled by polygenes (Buckler et al., 2009), although the 1:1 segregation ratio for early flowering seen in our study indicated that the phenotype was controlled by one locus with main effect.

4.2 Segregation Analysis of Molecular Markers

Segregation distortions are found in genetic mapping studies of different species (Nachit et al., 2001; Ramsay et al., 2000; Risterucci et al., 2000). The segregation distortion seen here (27.8%) was lower than that reported for SSR markers in wheat (> 30%) (Nachit et al., 2001). Possible explanations for such distortion include chromosomal rearrangements (Tanksley, 1993), gametic or zygotic selection (Jacobs et al. 1995), and the presence of lethal genes (Blanco et al., 1998).

4.3 Flowering

Domingues et al. (2006) described the SEEF marker, which was demonstrated to be efficient in detecting 60% of tree with early flowering. This indicates a distance of 40 cM between the marker SEEF and the *PFEg*.

Linkage was detected between the SSR marker EMBRA 02 and the QTL *PFEg* for early flowering, with a LOD score = 3.0 (Figure 1 – LG-08). Thamarus et al. (2002) used molecular markers such as SSR and RFLP with EST probes to build a linkage map for *E. globulus*. As shown here, linkage was observed between genes for flower, such as *Leafy homolog (ELF1)* (Southerton et al., 1998) and *Agamous homolog (AGE1)* (Harcourt et al., 1995), and the SSR marker EMBRA 02. Thamarus et al. (2002) reported that *ELF1* was located 39.0 cM from the SSR marker EMBRA 02. The linkage of the flowering genes AGE and LFY and the locus *PFEg* with the EMBRA 02 marker emphasizes the connection of this linkage group to flowering in *Eucalyptus*. In *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., the LFY gene is located on chromosome 5 that contains a high concentration of genes related to flowering.

The SSR EMBRA 02 marker region is a candidate for controlling flowering time, and the use of this marker as a starting point for fine mapping this region may be a useful strategy. However, since this marker is still far from the marker for early flowering, other candidate markers closer to EMBRA 02 in different linkage maps may be useful in identifying the region that controls flowering time. Another point that could allow identification of many candidate genes for early flowering, as well as candidate marker, is the genome assembly for *E. grandis* that is available at www.phytozome.net/eucalyptus.php. Identification of new markers in the genome sequence will permit testing of hypotheses regarding the involvement of those candidate genes in the early flowering phenotype in the segregating progeny.

5 ACKNOWLEDGMENTS

We thank Dr. Douglas da Silva Domingues for laboratory assistance and comments, Dr. Willian da Silva Barros for his help on computer analyses and Letícia Maciel Nogueira for English review. Thanks to Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP for financial support.

REFERENCES

- ARAKI, T. Transition from vegetative to reproductive phase. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 4, n. 1, p. 63-68, 2001.
- BLANCO, A. et al. A genetic linkage map of durum wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 97, n. 5-6, p. 721-728, 1998.
- BRONDANI, R.P.V. et al. Development, characterization and mapping of microsatellite markers in *Eucalyptus grandis* and *E. urophylla*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 97, p. 816-827, 1998.
- BUCKLER E.S. et al. The genetic architecture of maize flowering time. **Science**, v. 325, p. 714-718, 2009.
- CRUZ, C.D.; SCHUSTER, I. **GQMOL**: aplicativo computacional para análise de dados moleculares e suas associações com caracteres quantitativos. Viçosa-MG: UFV, 2004.
- DOMINGUES, D.S. et al. Identificação de marcador RAPD e SCAR relacionado ao caráter florescimento precoce em *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 251-260, 2006.
- DORNELAS, M.C.; RODRIGUEZ, A.P.M. Identifying *Eucalyptus* expressed sequence tags related to *Arabidopsis* flowering-time pathway genes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 2, p. 255-266, 2005.
- _____.; AMARAL, W.A.N.; RODRIGUEZ, A.P.M. *EgLFY*, the *Eucalyptus grandis* homolog of the *Arabidopsis* gene *LEAFY* is expressed in reproductive and vegetative tissues. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 2, p. 105-114, 2004.
- ELDRIDGE, K. et al. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1993. 417 p.
- GRATTAPAGLIA, D.; SEDEROFF, R.R. Genetic linkage map of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* using a pseudo-testcross: mapping strategy and RAPD markers. **Genetics**, v. 37, p. 1121-1137, 1994.
- HARCOURT, R. et al. Genetic engineering for sterility in temperate plantation eucalypts. In: POTTS, B.M. et al. (Ed.). **Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality**. Sandy Bay: Cooperative Research Centre for Temperate Hardwood Forestry, 1995. p. 403-405.
- JACOBS, J.M.E. et al. A genetic map of potato (*Solanum tuberosum*) integrating molecular markers, including transposons, and classical markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 91, n. 2, p. 289-300, 1995.
- KOSAMBI, D.D. The estimation of map distances from recombination values. **Annals of Eugenics**, v. 12, p. 172-175, 1944.
- LEVY, Y.Y.; DEAN, C. Control of flowering time. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 1, n. 1, p. 49-54, 1998.
- MISSIAGGIA, A.A.; PIACEZZI, A.L.; GRATTAPAGLIA, D. Genetic mapping of *Eef1*, a major effect QTL for early flowering in *Eucalyptus grandis*. **Tree Genetics & Genomes**, v. 1, p. 79-84, 2005.
- MORA, A.L. et al. Aspectos da produção de sementes de espécies florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 2, n. 6, p. 1-60, 1981.
- MOURADOV, A.; CREMER, F.; COUPLAND, G. Control of flowering time: interacting pathways as a basis for diversity. **The Plant Cell**, v. 14, p. 111-130, 2002.
- NACHIT, M.M. et al. Molecular linkage map for an intraspecific recombinant inbred population of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) **Theoretical and Applied Genetics**, v. 102, n. 2-3, p. 177-186, 2001.
- RAMSAY, L. et al. A simple sequence repeat-based linkage map of barley. **Genetics**, v. 156, p. 1997-2005, 2000.
- RISTERUCCI, A.M. et al. A high-density linkage map of *Theobroma cacao* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 101, n. 5-6, p. 948-955, 2000.
- SOUTHERTON, S.G. et al. *Eucalyptus* has a functional equivalent of the *Arabidopsis* floral meristem identity gene *LEAFY*. **Plant Molecular Biology**, v. 37, p. 897-910, 1998.
- TANKSLEY, S.D. Mapping polygenes. **Annual Review of Genetics**, v. 27, p. 205-233, 1993.
- THAMARUS, K.A. et al. A genetic linkage map for *Eucalyptus globulus* with candidate loci for wood, fiber and floral traits. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, p. 379-387, 2002.

**ESPECTROS BIOLÓGICOS FLORÍSTICOS DE CAMPOS RUPESTRES DE AFLORAMENTO
E CAMPOS ÚMIDOS DIFEREM ENTRE SI E EM RELAÇÃO AO
ESPECTRO BIOLÓGICO NORMAL DE RAUNKIAER¹**

**FLORISTIC BIOLOGICAL SPECTRA OF ROCK OUTCROPS AND WET GRASSLANDS
DIFFER BETWEEN THEMSELVES AND IN RELATION TO THE
RAUNKIAER'S NORMAL BIOLOGICAL SPECTRUM**

Natalia de Oliveira COSTA²; Roque CIELO-FILHO^{3,4}

RESUMO – A distribuição de frequência de classes de formas de vida em uma flora, conhecida como espectro biológico florístico, varia em função das condições climáticas e edáficas em que as plantas se desenvolvem. Neste trabalho comparamos os espectros biológicos médios ($n = 3$) de equivalentes a Campo Rupestre de afloramento e a Campo Úmido no Estado de São Paulo na expectativa de encontrar diferenças significativas entre os dois tipos de comunidade. Os Campos Rupestres (G -corrigido = 23,41; p -valor = 0,0001) e os Campos Úmidos (G -corrigido = 80,34; $p < 0,0001$) diferiram do Espectro Biológico Normal de Raunkiaer, bem como diferenciaram-se entre si ($\chi^2 = 24,23$; $p < 0,0001$). Uma Análise de Correspondência Distendida separou Campos Rupestres de Campos Úmidos devido às maiores frequências de fanerófitos nos primeiros e de hemícriptófitos e terófitos nos últimos. Sugerimos como hipóteses que os micro-habitats favoráveis ao desenvolvimento de fanerófitos sejam mais comuns nos Campos Rupestres de afloramento do que nos Campos Úmidos, ocorrendo o contrário com os micro-habitats favoráveis aos hemícriptófitos. Esta forma de vida pode apresentar melhor ajustamento ao encharcamento do solo do que os caméfitos e geófitos. A estratégia de escape apresentada pelos terófitos seria pouco eficiente em Campos Rupestres de afloramento devido à escassez de solo para proteção das sementes.

Palavras-chave: Cerrado; estratégia adaptativa; estresse ambiental; formas de vida; grupos funcionais.

ABSTRACT – The frequency distribution of life forms in a flora, called floristic biological spectrum, varies according to the climatic and edaphic conditions under which plants grow. In this work we compared the average ($n = 3$) biological spectra of Rock outcrop and Wet grassland like communities in São Paulo state expecting to find significant differences between the two community types. Rock outcrops (G -corrected = 23.41; p -value = 0.0001) and Wet grasslands (G -corrected = 80.34; $p < 0.0001$) differed from the Raunkiaer's Normal Biological Spectrum, as did between one another ($\chi^2 = 24.23$; $p < 0.0001$). A Detrended Correspondence Analysis separated Rock outcrops from Wet grasslands due to the greater frequencies of phanerophytes in the former and of hemicryptophytes and therophytes in the latter. We hypothesize that the micro-habitats favoring phanerophytes are more abundant in Rock outcrops than in Wet grasslands, the contrary occurring with the micro-habitats favoring the hemicryptophytes. That life form may present better fitting to soil water saturation than the chamaephytes and geophytes. The escape strategy presented by therophytes would be little efficient in Rock outcrops due to the scarcity of soil to protect the seeds.

Keywords: adaptive strategy; Cerrado; environmental stress; functional groups; life forms.

¹Recebido para análise em 05.12.12. Aceito para publicação em 26.03.13.

²Bolsista de Iniciação Científica (CNPq/PIBIC – IF), Instituto Florestal, Divisão de Dasonomia, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

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

⁴Autor para correspondência: Roque Cielo Filho – roque@if.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

As plantas apresentam diferentes estratégias de resistência ao estresse ambiental climático que podem ser analisadas a partir das formas de vida predominantes em determinada flora, pois as formas de vida representam diferentes graus de exposição atmosférica das gemas de brotamento (Raunkiaer, 1934). No sistema de classificação de formas de vida de Raunkiaer (1934), adaptado por Martins e Batalha (2011), as plantas são agrupadas em classes de acordo com a posição das gemas de brotamento no perfil vertical da vegetação. As principais classes de formas de vida, em grau decrescente de proteção e crescente de exposição atmosférica da gema de brotamento, são: terófitos, geófitos (criptófitos), hemicriptófitos, caméfitos e fanerófitos (Martins e Batalha, 2011).

A distribuição de frequência das classes de formas de vida em determinada flora recebe o nome de espectro biológico florístico. Segundo Raunkiaer (1934), o espectro biológico florístico pode demonstrar as condições climáticas em que a flora estudada ocorre. Esse autor propôs um espectro biológico representativo da flora vascular mundial – Espectro Biológico Normal de Raunkiaer (EBNR) – que resultou da amostragem de 1.000 espécies dessa flora. Em geral, sob os climas quentes e úmidos das baixas latitudes, onde a riqueza de plantas vasculares é maior, predominam os fanerófitos, o que resultou no predomínio desta forma de vida também no EBNR (Cain, 1950; Martins e Batalha, 2011).

Um desvio em relação ao EBNR, como uma maior frequência de formas de vida com sistema de brotamento mais protegido, pode indicar condições climáticas mais rigorosas. Em escalas geográficas mais amplas, o espectro biológico varia em função das condições climáticas, caracterizando diferentes fitoclimas (Raunkiaer, 1934). Por exemplo, maior proporção de fanerófitos em relação ao EBNR indica um clima méxico, também chamado de fitoclima fanerofítico (Cain, 1950). Por outro lado, maior proporção de hemicriptófitos ou caméfitos, em relação ao EBNR, pode indicar condições climáticas mais restritivas e um fitoclima hemicriptofítico ou camefítico, respectivamente (Martins e Batalha, 2011).

Em escalas geográficas mais restritas, as comunidades vegetais podem apresentar diferenças

em seus espectros biológicos florísticos, associadas às variações fisionômicas da vegetação, sob condições climáticas semelhantes (Mantovani, 1983; Batalha e Martins, 2002; Batalha e Martins, 2004; Meira Neto et al., 2007). No bioma Cerrado, por exemplo, a variação fisionômica está associada às propriedades do solo (Oliveira-Filho e Ratter, 2002), indicando que não só as condições climáticas, mas também as condições do substrato poderiam influenciar o espectro biológico florístico. Assim, o espectro biológico florístico poderia ser aplicado para obter pistas sobre como as plantas lidam com um amplo conjunto de fatores ambientais restritivos, desde climáticos até edáficos.

Argumenta-se que quando o estresse ambiental está relacionado a fatores ecológicos locais, tais como fatores edáficos, o espectro biológico vegetacional seria mais indicado do que o florístico para estudos ecológicos, pois, ao considerar a abundância de cada forma de vida, em vez do número de espécies, fornece uma descrição mais acurada da fisionomia da vegetação (Batalha e Martins, 2004). De fato, o espectro biológico vegetacional pode acusar diferenças ecológicas entre habitats, relacionadas ao substrato, que não são expressas no espectro biológico florístico (Messias et al., 2011). Entretanto, é possível que diferenças no espectro florístico ocorram ao lidarmos com habitats sob condições edáficas mais contrastantes.

No bioma Cerrado, ocorrem os Campos Rupestres e os Campos Úmidos (Ribeiro e Walter, 2008). Os solos dos Campos Rupestres são, em geral, do tipo litólico, formados pela decomposição de quartzitos, arenitos ou itacolomitos (Ribeiro e Dias, 2007). Nos afloramentos rochosos, o solo acumula-se em frestas e fendas da rocha, favorecendo o desenvolvimento de vegetação lenhosa (Ribeiro e Walter, 2008). Por outro lado, manchas de substrato arenoso favorecem o desenvolvimento de vegetação herbácea (Conceição e Giulietti, 2002). Portanto, a vegetação dos Campos Rupestres é muito heterogênea fisionomicamente e enfrenta restrições ambientais como solos rasos, ácidos e com poucos nutrientes, déficit hídrico causado pela estiagem e/ou deficiência de armazenagem, enxurradas, ação de incêndios, ventos constantes e geadas (Conceição e Giulietti, 2002; Caiafa e Silva, 2005; Ribeiro et al., 2007; Ribeiro e Dias, 2007; Ribeiro e Walter, 2008).

Os Campos Úmidos também apresentam variação fisionômica (Ribeiro e Walter, 2008), mas são caracterizados por solos do tipo hidromórfico, que, inversamente aos de Campos Rupestres, não apresentam escassez, mas excesso de água devido à uma drenagem ineficaz (Ribeiro e Dias, 2007; Ribeiro e Walter, 2008).

A vegetação campestre sobre afloramentos rochosos, em áreas próximas a remanescentes de Cerrado no estado de São Paulo, pode apresentar mais afinidade florística com Campos Rupestres do que com Campos de Altitude (Costa et al., 2011) podendo, portanto, ser considerada como equivalente a Campo Rupestre de afloramento no Estado. De modo semelhante, a vegetação campestre sobre solos hidromórficos pode apresentar considerável afinidade florística com remanescentes de cerrado adjacentes, justificando o seu tratamento como equivalente a Campo Úmido (Cielo-Filho et al., 2012).

Solos litólicos e solos hidromórficos apresentam características ambientais restritivas à vida vegetal. Dessa maneira, relativamente ao EBNR, algumas formas de vida mais resistentes aos rigores ambientais, como caméfitos e hemicriptófitos, tenderiam a estar mais bem representadas nos Campos Rupestres e Úmidos, enquanto fanerófitos seriam menos expressivos. Assim, esperamos encontrar espectros biológicos florísticos significativamente diferentes do EBNR em comunidades de Campo Rupestre e de Campo Úmido. Além disso, variações na disponibilidade de micro-habitats próprios ao desenvolvimento de fanerófitos e na natureza da restrição ambiental entre Campos Rupestres e Úmidos poderiam ocasionar variações no espectro biológico florístico entre os dois tipos de comunidades.

A hipótese deste trabalho é que comunidades vegetais com fisionomias semelhantes, sob um mesmo fitoclima, mas crescendo sobre solos com condições edáficas contrastantes, podem apresentar espectros biológicos florísticos diferentes do EBNR e também diferentes entre si. Para testar essa hipótese, comparamos o espectro biológico médio de comunidades vegetais de Campo Rupestre e de Campo Úmido com o EBNR e comparamos o espectro biológico médio de comunidades de Campo Rupestre com espectro biológico médio de comunidades de Campo Úmido.

Além disso, comparamos os espectros biológicos dos dois tipos de comunidades por meio de análise multivariada e avaliamos quais formas de vida foram responsáveis pelas diferenças observadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Listas Consultadas

Nas comparações efetuadas neste trabalho, foram consideradas as listas florísticas de três equivalentes a Campo Rupestre e de três equivalentes a Campo Úmido no Estado de São Paulo (Figura 1, Tabela 1). O embasamento para a classificação dessas comunidades como Campos Rupestres e Campos Úmidos foi apresentado em Costa et al. (2011) e Cielo-Filho et al. (2012), respectivamente.

2.2 Classificação das Formas de Vida

As espécies presentes nas listas consultadas foram agrupadas em uma lista única, organizada de acordo com o sistema APG III (Souza e Lorenzi, 2012) e sinônimas foram consultadas na lista da Flora do Brasil (Forzza et al., 2012). A compilação das listas florísticas consideradas neste trabalho resultou em uma lista geral de 791 espécies. Após a exclusão das espécies de lianas, epífitas, holoparasitas e saprófitas, obtivemos uma lista com 709 espécies pertencentes às formas de vida consideradas em nossas análises. A partir dessa lista, as espécies tiveram suas formas de vida definidas ou confirmadas (para aquelas oriundas de listagens em que o autor já havia classificado as formas de vida) com base na chave apresentada por Martins e Batalha (2011), e o espectro biológico florístico de cada local foi definido. Terófitos apresentam gema de brotamento na semente, são espécies anuais; nos geófitos esta se abriga sob o solo; nos hemicriptófitos localiza-se ao nível do solo, mas sob a camada de folhas mortas; nos caméfitos está acima do nível do solo e abaixo de 50 cm; nos fanerófitos encontra-se acima de 50 cm (Martins e Batalha, 2011). Portanto, fanerófitos incluem tanto arbustos quanto árvores.

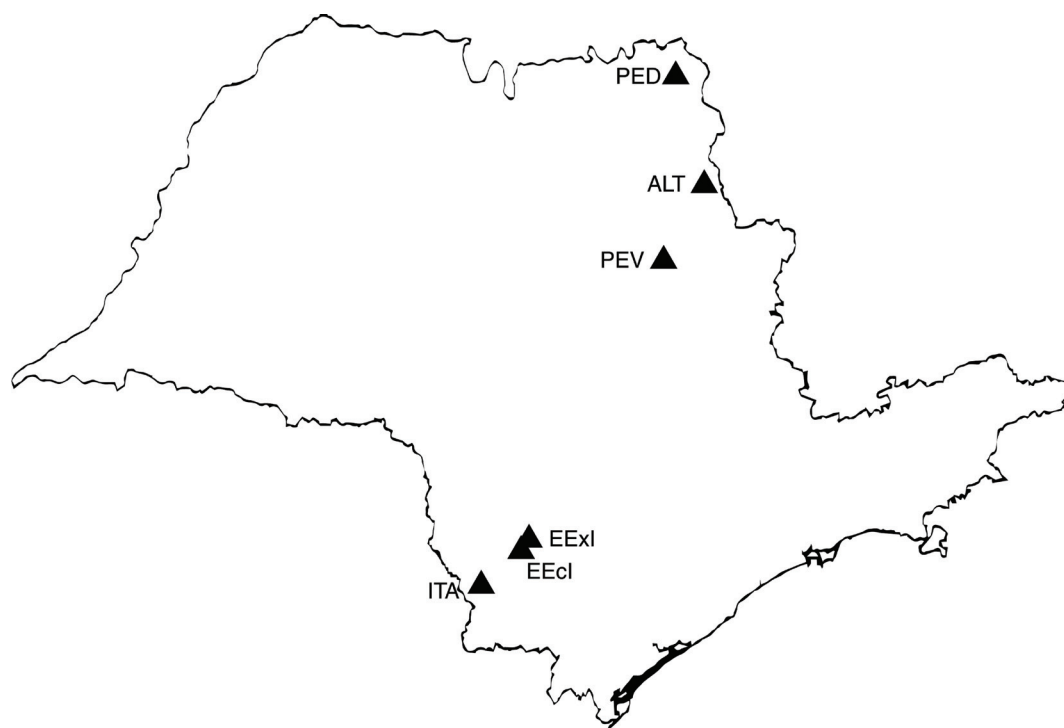


Figura 1. Mapa do Estado de São Paulo mostrando a localização dos três Campos Rupestres (ALT, EExI, PED) e três Campos Úmidos (ITA, PEV, EEcI) comparados. Mapa gerado com a ferramenta speciesMapper, disponível em <http://splink.cria.org.br/tools?criaLANG=pt>.

Figure 1. Map of the São Paulo state showing the location of the three Rock outcrops (ALT, EExI, PED) and three Wet grasslands (ITA, PEV, EEcI) compared. Map generated with the tool speciesMapper, available from <http://splink.cria.org.br/tools?criaLANG=pt>.

Tabela 1. Localização e características climáticas das comunidades de Campo Rupestre e Campo Úmido comparadas no presente estudo. Todos os municípios estão localizados no Estado de São Paulo. Dados climáticos e de altitude de acordo com Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI (2013).

Table 1. Location and climatic characteristics of the Campo Rupestre and Campo Úmido communities compared in the present study. All municipalities are located in the São Paulo state. Climatic and altitudinal data according to Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI (2013).

Sigla	Localização	Coordenadas	Altitude	Temperatura	Precipitação	Clima	Autor(es)
ALT	Altinópolis (Morro do Forno)	21°02'16"S, 47°19'18"O	924 m	20,4 °C	1.338 mm	Cwa	Oliveira e Godoy (2007)
PED	Pedregulho (Distrito de Estreito)	20°14'55"S, 47°28'48"O	1.040 m	20,1 °C	1.545 mm	Cwb	Sasaki e Mello-Silva (2008)
EExI	Itapeva (Estação Experimental de Itapeva)	24°02'56"S, 49°04'21"O	700 m	20,1 °C	1.278 mm	Cwa	Costa et al. (2011)
EExI	Itapeva (Estação Ecológica de Itapeva)	24°04'23"S, 48°04'54"O	700 m	20,1 °C	1.278 mm	Cwa	Almeida et al. (2010)
ITA	Itararé	24°05'S, 49°15'O	740 m	19,4 °C	1.415 mm	Cfa	Scaramuzza (2006)
PEV	Santa Rita do Passa Quatro (Parque Estadual de Vassununga/Gleba Pé-de-Gigante)	21°40'S, 47°38'O	760 m	21,1 °C	1.507 mm	Cwa	Batalha (1997)

2.3 Classificação das Formas de Vida

As espécies presentes nas listas consultadas foram agrupadas em uma lista única, organizada de acordo com o sistema APG III (Souza e Lorenzi, 2012) e sinônimas foram consultadas na lista da Flora do Brasil (Forzza et al., 2012). A compilação das listas florísticas consideradas neste trabalho resultou em uma lista geral de 791 espécies. Após a exclusão das espécies de lianas, epífitas, holoparasitas e saprófitas, obtivemos uma lista com 709 espécies pertencentes às formas de vida consideradas em nossas análises. A partir dessa lista as espécies tiveram suas formas de vida definidas ou confirmadas (para aquelas oriundas de listagens em que o autor já havia classificado as formas de vida) com base na chave apresentada por Martins e Batalha (2011), e o espectro biológico florístico de cada local foi definido. Terófitos apresentam gema de brotamento na semente, são espécies anuais; nos geófitos esta se abriga sob o solo; nos hemicriptófitos localiza-se ao nível do solo, mas sob a camada de folhas mortas; nos caméfitos está acima do nível do solo e abaixo de 50 cm; nos fanerófitos encontra-se acima de 50 cm (Martins e Batalha, 2011). Portanto, fanerófitos incluem tanto arbustos quanto árvores.

2.4 Análises Estatísticas

Nas análises estatísticas utilizamos o número de espécies das cinco principais classes de formas de vida: fanerófitos, caméfitos, hemicriptófitos, geófitos e terófitos, e excluímos as demais formas de vida (lianas, epífitas, holoparasitas e saprófitas) que totalizaram 10% das espécies encontradas. O EBNR apresenta as seguintes proporções: 46% de fanerófitos, 9% de caméfitos, 26% de hemicriptófitos, 6% de geófitos e 13% de terófitos (Raunkiaer, 1934). Para comparar os espectros biológicos de Campos Rupestres e de Campos Úmidos com o EBNR utilizamos o espectro biológico médio para cada tipo de comunidade e aplicamos um teste de aderência, teste G (Zar, 1999).

Comparamos também o espectro biológico médio dos Campos Rupestres com o espectro biológico médio dos Campos Úmidos por meio do teste de qui-quadrado de partição (Ayres et al., 2007). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007).

Complementamos as análises descritas acima com uma análise multivariada visando a obter um maior detalhamento das relações entre as listagens florísticas comparadas, no que se refere ao espectro biológico. Para isso, aplicamos uma Análise de Correspondência Distendida (McCune e Grace, 2002) a uma matriz cujas linhas correspondem às listas florísticas (ou localidades) e as colunas correspondem às cinco formas de vida consideradas. As células dessa matriz apresentam o número de espécies de determinada forma de vida em dada lista florística. A Análise de Correspondência Distendida – DCA foi efetuada no programa PCOrd 5.0 (McCune e Mefford, 1999).

3 RESULTADOS

A forma de vida predominante nos Campos Rupestres analisados foi a fanerófitica, sendo a mais comum na EEeI e em ALT, e a segunda mais comum em PED. Nos Campos Úmidos predominaram os hemicriptófitos, sendo a forma de vida mais comum nos levantamentos utilizados neste estudo (Tabela 2). O mesmo padrão se manteve para os espectros biológicos médios de Campo Rupestre e Campo Úmido (Figura 2).

O teste G mostrou que o espectro biológico médio dos Campos Rupestres diferiu do esperado com base no EBNR (G -corrigido = 23,41, gl. = 4, p -valor = 0,0001). Em relação ao EBNR, Campos Rupestres apresentaram maior proporção de caméfitos e menor de terófitos e fanerófitos. O espectro biológico médio dos Campos Úmidos também diferiu do EBNR (G -corrigido = 80,34, gl. = 4, $p < 0,0001$). Os Campos Úmidos apresentaram maior proporção de hemicriptófitos e caméfitos, e menor proporção de fanerófitos comparado ao EBNR (Tabela 2).

Tabela 2. Espectros biológicos florísticos de Campos Rupestres e Campos Úmidos no Estado de São Paulo, acompanhados do espectro biológico médio para os dois tipos de comunidades. ALT – Morro do Forno, Altinópolis; PED – Distrito de Estreito, Pedregulho; EExI – Estação Experimental de Itapeva, Itapeva e Itaberá; EEcI – Estação Ecológica de Itapeva, Itapeva; ITA – município de Itararé; PEV – Parque Estadual de Vassununga/Gleba Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro. EBNR – Espectro Biológico Normal de Raunkiaer.

Table 2. Floristic biological spectra of Rock outcrops and Wet grasslands in São Paulo state, along with the mean biological spectrum for the two community types. ALT – Morro do Forno, Altinópolis municipality; PED – Estreito District, Pedregulho municipality; EExI – Itapeva Experimental Station, Itapeva and Itaberá municipalities; EEcI – Itapeva Ecological Station, Itapeva municipality; ITA – Itararé municipality; PEV – State Park of Vassununga/Gleba Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro municipality. EBNR – Raunkiaer's Normal Biological Spectrum.

Forma de vida	Campo Rupestre					Campo Úmido				
	ALT	PED	EExI	Média	EBNR	PEV	ITA	EEcI	Média	EBNR
Caméfitos	20	41	26	29	12	29	49	13	30	14
Fanerófitos	55	42	55	51	61	14	29	25	23	70
Geófitos	8	7	5	7	8	0	13	9	7	9
Hemicriptófitos	33	57	21	37	35	72	116	29	72	39
Terófitos	9	15	5	10	18	20	31	7	20	20
Total	125	162	112	134	134	135	238	83	152	152

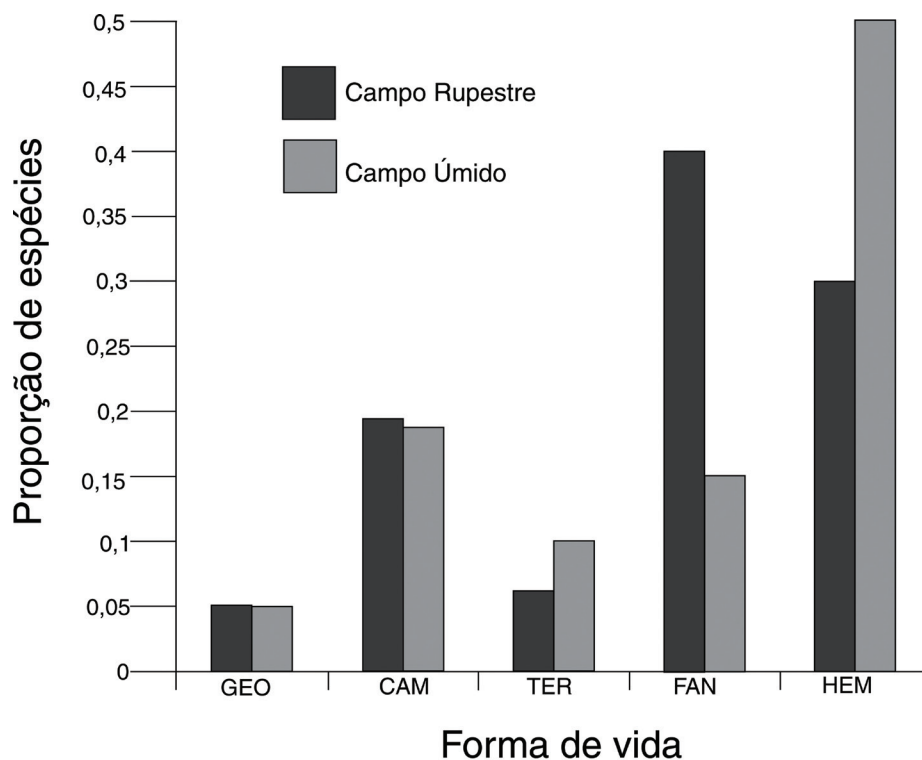


Figura 2. Espectro biológico florístico médio de Campos Rupestres e Campos Úmidos no Estado de São Paulo. GEO, geófitos; CAM, caméfitos; TER, terófitos; FAN, fanerófitos; HEM, hemicriptófitos.

Figure 2. Mean floristic biological spectrum of Rock outcrops and Wet grasslands in São Paulo state. GEO, geophytes; CAM, chamaephytes; TER, therophytes; FAN, phanerophytes; HEM, hemicryptophytes.

O espectro biológico médio dos Campos Rupestres diferiu do espectro médio dos Campos Úmidos ($\chi^2 = 24,23$, gl. = 4, $p < 0,0001$). Essa diferença se deveu à maior proporção de fanerófitos no Campo Rupestre (χ^2 -partição = 10,55, gl. = 1, p -valor = 0,0012) e à maior proporção de hemicriptófitos no Campo Úmido (χ^2 -partição = 11,72, gl. = 1, p -valor = 0,0006) (Figura 2). A proporção de terófitos foi maior no espectro biológico médio dos Campos Úmidos do que no espectro médio dos Campos Rupestres (Figura 2), embora isso não tenha resultado em diferença significativa entre os respectivos espectros biológicos médios (χ^2 -partição = 1,96, gl. = 1, p -valor = 0,162).

A Análise de Correspondência Distendida mostrou um padrão coerente com os resultados

das demais análises (Figura 3). O primeiro eixo respondeu por 87% da inércia total e separou em seus extremos os Campos Rupestres ALT e EExI dos Campos Úmidos ITA e PEV (Figura 3). A separação entre Campos Rupestres e Campos Úmidos, contudo, não foi tão clara na porção intermediária do gradiente representado pelo primeiro eixo da DCA. Os escores das formas de vida hemicriptofítica e terofítica no primeiro eixo da DCA ficaram posicionados no extremo do gradiente correspondente aos Campos Úmidos, indicando a importância dos hemicriptófitos e terófitos para a distinção daquele tipo de comunidade. Por outro lado, o escore da forma de vida fanerofítica ficou posicionado no extremo correspondente aos Campos Rupestres.

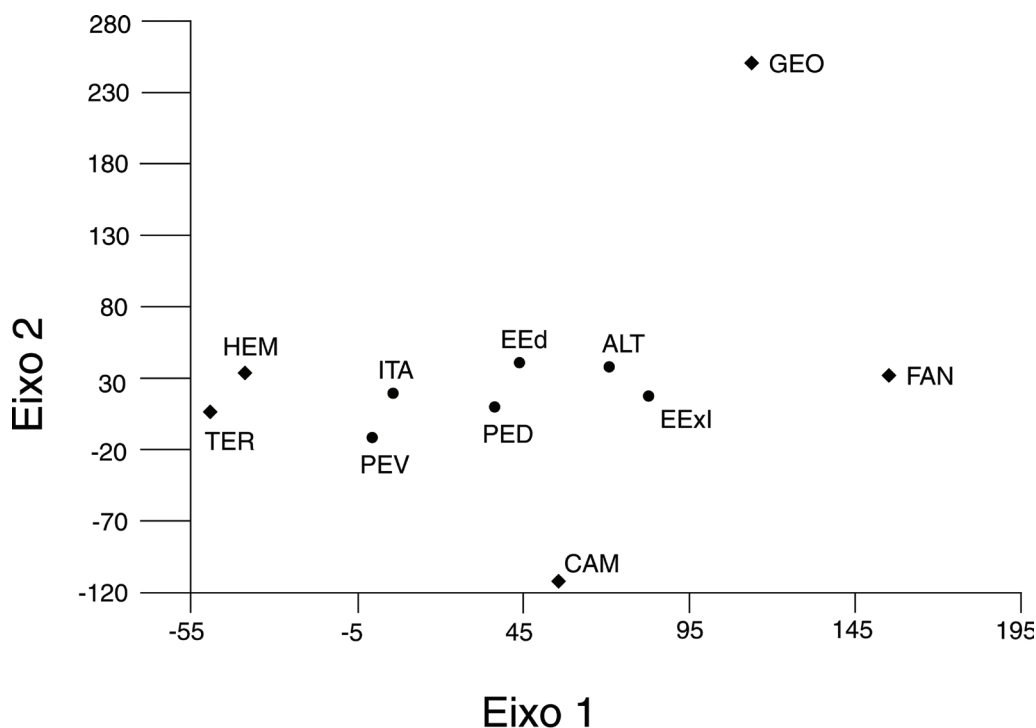


Figura 3. Análise de Correspondência Distendida para três Campos Rupestres (ALT, EExI, PED) e três Campos Úmidos (ITA, PEV, EEdI) paulistas, mostrando as relações entre as comunidades em função do número de espécies em cada uma das formas de vida consideradas: GEO, geófitos; CAM, caméfitos; TER, terófitos; FAN, fanerófitos; HEM, hemicriptófitos.

Figure 3. Detrended Correspondence Analysis for three Rock outcrops (ALT, EExI, PED) and three Wet grasslands (ITA, PEV, EEdI) in São Paulo state, showing the relationships among communities defined by the number of species in each one of the life forms considered: GEO, geophytes; CAM, chamaephytes; TER, therophytes; FAN, phanerophytes; HEM, hemicryptophytes.

4 DISCUSSÃO

4.1 Desvios em Relação ao EBNR

A menor representatividade de fanerófitos e a maior representatividade de caméfitos e hemicriptófitos, no espectro biológico médio dos Campos Rupestres e Campos Úmidos em relação ao EBNR, não condizem com um fitoclima fanerofítico, embora as formações campestres ocorram inseridas pontualmente em formações florestais no Estado de São Paulo (Kronka et al., 2005). Assim, é preciso considerar a influência de fatores edáficos, que podem condicionar mudanças fisionômicas na vegetação (Oliveira-Filho e Ratter, 2002), acompanhadas por alterações no espectro biológico florístico sob um mesmo fitoclima. De modo geral, fisionomias campestres apresentam maior frequência de hemicriptófitos e caméfitos, e menor frequência de fanerófitos, do que fisionomias florestais, independentemente do clima (Mantovani, 1983; Batalha e Martins, 2002; Batalha e Martins, 2004). No espectro biológico florístico da Estação Ecológica de Santa Bárbara (SP), por exemplo, verificou-se que o número de hemicriptófitos e caméfitos diminuiu e o número de fanerófitos aumentou no sentido Campo Limpo até Cerradão e Mata de Galeria (Meira Neto et al., 2007).

Tais variações na representatividade de formas de vida relatadas na literatura, assim como o desvio em relação ao EBNR observado, indicam que o espectro biológico florístico é sensível a variações edáficas e não só climáticas. Isso parece óbvio, mas poderia não ser assim se a resposta da vegetação aos fatores edáficos envolvesse apenas variações na abundância, mas não no número de espécies. Essa situação seria mais provável quando os habitats comparados apresentassem a mesma fitofisionomia, contudo, mesmo neste caso nossos resultados mostraram variação no espectro biológico florístico.

4.2 Diferenças entre Espectros Biológicos Florísticos

Tanto os Campos Rupestres quanto os Campos Úmidos apresentaram proporção de fanerófitos relativamente baixa em relação ao EBNR. Do ponto de vista edáfico, a natureza das restrições é diferente entre Campos Rupestres e Campos Úmidos (escassez de água e encharcamento), mas em ambos os casos resultaram em menor representatividade da forma de vida fanerofítica.

Apesar desse traço em comum, os espectros florísticos desses dois tipos de campos diferiram entre si. Os fanerófitos foram mais frequentes no espectro biológico médio dos Campos Rupestres do que no espectro médio dos Campos Úmidos, e o contrário se deu em relação aos hemicriptófitos e terófitos. Contudo, ao analisarmos as localidades uma a uma, verificamos que EEeI e PED destoam ligeiramente do padrão geral. As proporções de caméfitos e geófitos não variaram de forma significativa entre os dois tipos de comunidade. Ao que parece, as condições ambientais em ambos os tipos de campos foram igualmente favoráveis ou restritivas a caméfitos e geófitos.

4.2.1 Diferenças entre Espectros Biológicos Relacionadas aos Fanerófitos

Nos Campos Rupestres, frestas ou fendas nas rochas constituem micro-habitats que apresentam condições ambientais favoráveis ao estabelecimento de fanerófitos devido ao acúmulo de solo, promovendo o armazenamento de água e nutrientes, além de apoio mecânico para a fixação das raízes (Conceição e Pirani, 2005; Oliveira e Godoy, 2007; Costa et al., 2011). Em afloramentos rochosos presentes na região semiárida brasileira, os fanerófitos crescem preferencialmente em acúmulos de solo em fissuras e depressões da rocha, onde há melhores condições para a fixação das raízes e sustentação da parte aérea das plantas (Gomes e Alves, 2010). Em um afloramento rochoso no Itatiaia, RJ, os fanerófitos foram sub-representados em comparação a estudos em outros afloramentos na mesma região devido à escassez de fissuras nas rochas, onde o solo poderia ser acumulado (Ribeiro et al., 2007). Ainda assim, a ocorrência de um número relativamente elevado de fanerófitos em algumas áreas protegidas do vento, indicou a importância do suporte mecânico para a ocorrência de fanerófitos em afloramentos rochosos (Ribeiro et al., 2007).

Nos Campos Úmidos, o estabelecimento de fanerófitos está associado à ocorrência de microrrelevos elevados. Essa relação pode ser facilmente observada em florestas higrófilas, que ocorrem em áreas onde o lençol freático aflora e que apresentam uma rede de estreitos canais de drenagem que separam microrrelevos elevados onde os fanerófitos se estabelecem preferencialmente (Toniato et al., 1998; Carvalho et al., 2006).

Microrrelevos elevados constituem micro-habitats que apresentam condições ambientais menos restritivas em Campos Úmidos, devido à elevação do sistema radicular, diminuindo o contato direto com a água. Dentre as alterações que limitam o desenvolvimento e a sobrevivência das plantas em solos encharcados, destacam-se a diminuição de trocas gasosas entre o solo e o ar, a diminuição da disponibilidade de nutrientes, o aumento da produção de toxinas no solo e, especialmente, a anoxia (Medri et al., 2002). Uhlmann (2003), Tannus e Assis (2004) e Rebellato e Cunha (2005), ao discutirem o estabelecimento de fanerófitos em solos hidromórficos, convergiram em afirmar que solos mal drenados são restritivos para o estabelecimento de fanerófitos.

Portanto, é possível sugerir a hipótese de que a frequência elevada de fanerófitos nos Campos Rupestres em relação aos Campos Úmidos estaria relacionada à maior disponibilidade de micro-habitats adequados aos fanerófitos naquele tipo de campo. Ou seja, a disponibilidade dos micro-habitats fresta ou fenda nos Campos Rupestres superaria a disponibilidade do micro-habitat microrrelevo elevado nos Campos Úmidos. Além disso, é possível que a restrição ambiental ao estabelecimento de fanerófitos seja mais acentuada nos Campos Úmidos do que nos Campos Rupestres.

4.2.2 Diferenças entre Espectros Biológicos Relacionadas aos Hemicriptófitos

Os Campos Rupestres podem ser considerados um complexo vegetacional (Semir 1991) devido à heterogeneidade ambiental e fisionômica que pode ser encontrada nesses ambientes (Conceição e Giulietti, 2002). A subdivisão proposta por Rizzini (1997) para os Campos Rupestres ou Quartzíticos (na nomenclatura daquele autor) sugere que a representatividade de hemicriptófitos pode variar bastante entre os subtipos de campos: “com gramíneas”, “com gramíneas e subarbustos” e “dos afloramentos”. Essa variação foi confirmada por Conceição e Giulietti (2002) em Campos Rupestres da Chapada Diamantina, BA, onde os micro-habitats favoráveis aos hemicriptófitos foram escassos no Campo Rupestre de afloramento comparativamente ao Campo Rupestre com gramíneas, resultando em menor frequência de hemicriptófitos no primeiro tipo de campo.

Os Campos Rupestres considerados no presente estudo ocorrem em afloramento rochoso (Oliveira e Godoy, 2007; Sasaki e Mello-Silva, 2008; Costa et al., 2011). Assim, sugerimos que a escassez de micro-habitats favoráveis ao desenvolvimento de hemicriptófitos nos Campos Rupestres analisados seja o principal fator responsável pela diferença constatada na representatividade dessa forma de vida entre os Campos Rupestres e Campos Úmidos.

Cyperaceae e Poaceae estão entre as famílias mais ricas em Campos Úmidos (Tannus e Assis, 2004). Nessas famílias os hemicriptófitos predominam, o que explica, em parte, a frequência relativamente elevada dessa forma de vida nos Campos Úmidos aqui considerados. Tratam-se também de duas famílias muito diversificadas e, como tal, suas espécies apresentam adaptações aos mais diversos tipos de restrições ambientais, inclusive ao encharcamento do solo (Judd et al., 2002; Souza e Lorenzi, 2012). Há, ainda, outras famílias com expressiva riqueza de hemicriptófitos nos Campos Úmidos tais como Lentibulariaceae, Eriocaulaceae, Melastomataceae e Xyridaceae (Tannus e Assis, 2004). Contudo, essas constatações não são suficientes para explicar porque são os hemicriptófitos e não os caméfitos ou geófitos que predominam nos Campos Úmidos.

Os hemicriptófitos são, em geral, plantas herbáceas ao passo que os caméfitos são arbustos e subarbustos (Martins e Batalha, 2011). O sistema radicular das plantas herbáceas do Cerrado é, em geral, mais superficial do que o das plantas lenhosas (Scholz et al., 2007). O sistema de brotamento dos hemicriptófitos fica ao nível do solo, enquanto nos geófitos fica abaixo desse nível e pode apresentar função de reserva (Martins e Batalha, 2011). É possível sugerir como hipótese que os caméfitos e geófitos encontrem mais dificuldade que os hemicriptófitos para lidar com a condição de encharcamento do solo nos Campos Úmidos devido, respectivamente, à dificuldade de respiração de um sistema radicular mais profundo e ao ataque por fungos aos tecidos de reserva.

4.2.3 Diferenças entre Espectros Biológicos Relacionadas aos Terófitos

Os terófitos mostraram tendência semelhante aos hemicriptófitos no tocante à maior representatividade em Campos Úmidos, embora de forma não significativa pelo critério estatístico.

Meirelles et al. (1999) afirmam que o substrato rochoso dos Campos Rupestres constitui condição desfavorável ao estabelecimento de terófitos. Em um Campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Rebellato e Cunha (2005) verificaram predominância de terófitos tanto no período chuvoso, quanto no período seco. Em um gradiente hídrico de uma área de solo bem drenado para áreas úmidas, sazonalmente inundadas, as últimas apresentaram maior frequência de espécies terofíticas, indicando associação entre essa forma de vida e ambientes úmidos (Rebellato e Cunha, 2005). Por outro lado, Martins e Batalha (2011) associam a elevada representatividade de terófitos aos ambientes com severa restrição hídrica. Aparentemente, portanto, o espectro de condições ambientais restritivas em que os terófitos podem se desenvolver é mais amplo do que o que consta na literatura.

A resistência dos terófitos às condições desfavoráveis se dá por meio de uma estratégia de escape em que a gema de brotamento fica protegida pelos envoltórios da semente e esta permanece protegida pelo substrato (Martins e Batalha, 2011). É possível que essa estratégia seja mais eficiente para resistir ao estresse por excesso de água nos Campos Úmidos do que ao estresse por falta de água nos Campos Rupestres de afloramento, onde a escassez de solo pode comprometer severamente a proteção conferida à semente pelo substrato.

4.2.4 Desvios em Relação ao Padrão Geral

Em relação aos comportamentos diferenciados de EEcI e PED tendo em vista o padrão geral evidenciado nas nossas análises, as seguintes considerações podem ser formuladas:

1. uma maior abundância de microrrelevos elevados em EEcI poderia explicar a proporção relativamente elevada de fanerófitos nessa localidade comparativamente ao observado nos demais Campos Úmidos, ITA e PEV. Além disso, um viés de amostragem pode ter acarretado subestimativa do número de hemicriptófitos em EEcI (Almeida et al., 2010);
2. os Campos Rupestres em ALT e EEeI apresentam substrato rochoso e rochoso com frestas e depressões preenchidas por substrato arenoso (Oliveira e Godoy, 2007; Costa et al., 2011), enquanto em PED o substrato foi descrito como areno-pedregoso

(Sasaki e Mello-Silva, 2008), sugerindo que particularidades do substrato em PED poderiam ser responsáveis pela representatividade relativamente menor de fanerófitos e maior de hemicriptófitos nessa localidade. Além disso, PED é o único Campo Rupestre comparado com relatos de incêndio, e é sabido que incêndios podem favorecer hemicriptófitos em detrimento de fanerófitos (e.g. Tannus e Assis, 2004).

5 CONCLUSÕES

O espectro biológico florístico pode variar entre comunidades fisionomicamente semelhantes, mas submetidas a condições edáficas contrastantes, gerando hipóteses ecológicas em que os fatores climáticos, que inspiraram a proposição do sistema de formas de vida de Raunkiaer, são substituídos por condicionantes relacionados ao substrato. Isso demonstra a versatilidade do espectro biológico florístico. Entretanto, em situações em que as variações ambientais entre habitats são menos acentuadas, o espectro biológico vegetacional pode ser mais eficiente para estudos ecológicos (Batalha e Martins, 2004; Messias et al., 2011).

As formas de vida envolvidas na diferenciação entre os espectros biológicos, neste trabalho, são os fanerófitos e os hemicriptófitos, embora haja evidências de que os terófitos também contribuam para essa diferenciação. A diferença nos espectros biológicos pode estar relacionada a variações na disponibilidade de micro-habitats propícios ao desenvolvimento de fanerófitos e hemicriptófitos entre os dois tipos de comunidade: Campos Rupestres de afloramento apresentariam maior disponibilidade de micro-habitats favoráveis aos fanerófitos, e escassez de micro-habitats favoráveis aos hemicriptófitos, comparativamente aos Campos Úmidos. Sugerimos que no Campo Úmido a proteção da gema de brotamento ao nível do solo e o sistema radicular superficial poderiam conferir maior ajustamento aos hemicriptófitos em relação aos caméfitos e geófitos. Sugerimos ainda que os terófitos estariam aptos a se desenvolver sob uma gama de restrições ambientais, mais ampla do que o relatado na literatura, incluindo desde condições de seca até encharcamento do solo e que a escassez de solo nos Campos Rupestres comprometeria a proteção das sementes pelo substrato e, portanto, a eficiência da estratégia de escape apresentada pelos terófitos.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/PIBIC-IF) pela concessão de bolsa de Iniciação Científica a Natalia de Oliveira Costa. Às Dras. Daniela Sampaio e Oriana Fávero pelas sugestões ao texto. Ao Pesquisador Científico Claudio de Moura pela cuidadosa relatoria, aos dois revisores anônimos pelas ótimas sugestões e à Yara Crisina Marcondes pela revisão final do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R.S. et al. Campo sujo úmido: fisionomia de cerrado ameaçada pela contaminação de *Pinus elliottii* Engelm. na Estação Ecológica de Itapeva, Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v. 22, n. 1, p. 71-91, 2010.
- AYRES, M. et al. **Bioestat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 364 p.
- BATALHA, M.A. **Análise da vegetação da ARIE Cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP)**. 1997. 179 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____.; MARTINS, F.R. Life-form spectra of Brazilian cerrado sites. **Flora**, v. 197, n. 6, p. 452-460, 2002.
- _____. Floristic, frequency, and vegetation life-form spectra of a cerrado site. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 2, p. 201-209, 2004.
- CAIAFA, A.N.; SILVA, A.F. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, n. 87, p. 163-173, 2005.
- CAIN, S.A. Life-forms and phytoclimate. **The Botanical Review**, v. 16, n. 1, p. 1-32, 1950.
- CARVALHO, F.A. et al. Estrutura da comunidade arbórea da floresta atlântica de baixada periodicamente inundada na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 503-518, 2006.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 11 fev. 2013.
- CIELO-FILHO, R. et al. Floristic aspects of the Itapeva Ecological Station, SP: a protected area in the southern limit of the Cerrado biome. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 2, p. 147-166, 2012.
- CONCEIÇÃO, A.A.; GIULIETTI, A.M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 29, n. 1, p. 37-48, 2002.
- _____.; PIRANI, J.R. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 85-111, 2005.
- COSTA, N.O. et al. Caracterização florística da vegetação sobre afloramento rochoso na Estação Experimental de Itapeva, SP, e comparação com áreas de campos rupestres e de altitude. **Rev. Inst. Flor.**, v. 23, n. 1, p. 81-108, 2011.
- FORZZA, R.C. et al. **Lista de espécies da flora do Brasil 2012**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012>>. Acesso em: 15 abr. 2012.
- GOMES, P.; ALVES, M. Floristic diversity of two crystalline rocky outcrops in the Brazilian northeast semi-arid region. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 4, p. 661-676, 2010.
- JUDD, W.S. et al. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 576 p.
- KRONKA, F.J.N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2005. 200 p.
- MANTOVANI, W. **Composição e similaridade florística, fenologia e espectro biológico do cerrado na Reserva de Moji Guaçu, Estado de São Paulo**. 1983. 147 f. Dissertação (Mestrado em Biologia/Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MARTINS, F.R.; BATALHA, M.A. Formas de vida, espectro biológico de Raunkiaer e fisionomia da vegetação. In: FELFILI, J.M. et al. (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa-MG: UFV, 2011. p. 44-85.

MCCUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of ecological communities**. Gleneden Beach: MjM Software Design, 2002. 300 p.

_____.; MEFFORD, M.J. PC-Ord. **Multivariate analysis of ecological data**. Version 5.0. Gleneden Beach: MjM Software Design, 1999.

MEDRI, M.E. et al. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E. et al. (Ed.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: Edição dos Editores, 2002. p. 133-172.

MEIRA NETO, J.A.A.; MARTINS, F.R.; VALENTE, G.E. Composição florística e espectro biológico na Estação Ecológica de Santa Bárbara, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 907-922, 2007.

MEIRELLES, S.T.; PIVELLO, V.R.; JOLY, C.A. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, v. 26, n. 1, p. 10-20, 1999.

MESSIAS, M.C.T.B. et al. Life-form spectra of quartzite and itabirite rocky outcrop sites, Minas Gerais, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, p. 255-268, 2011.

OLIVEIRA, R.B.; GODOY, S.A.P. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 37-47, 2007.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Org.). **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.

RAUNKIAER, C. **The life forms of plants and statistical plant geography**. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.

REBELLATO, L.; CUNHA, C.N. Efeito do “fluxo sazonal mínimo da inundação” sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 789-799, 2005.

RIBEIRO, J.F.; DIAS, T. (Org.). Diversidade e conservação da flora. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação**. Brasília, DF, 2007. p. 21-138.

_____.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2008. p. 153-212.

RIBEIRO, K.T.; MEDINA, B.M.O.; SCARANO, F.R. Species composition and biogeographic of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 623-639, 2007.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.

SASAKI, D.; MELLO-SILVA, R. Levantamento florístico no cerrado de Pedregulho, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 187-202, 2008.

SCARAMUZZA, C.A.M. **Flora e ecologia dos campos de Itararé, São Paulo, Brasil**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHOLZ, F.G. et al. Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in neotropical savanna trees. **Plant Cell Environment**, v. 30, p. 236-248, 2007.

SEMR, J. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniae: Compositae)**. 1991. 515 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012. 768 p.

TANNUS, J.L.S.; ASSIS, M.A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina – SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 489-506, 2004.

**RELAÇÃO DE USO DOS RECURSOS NATURAIS PELAS COMUNIDADES DO ENTORNO
DE UM FRAGMENTO FLORESAL URBANO NO
PARQUE ESTADUAL DOIS IRMÃOS, RECIFE – PERNAMBUCO¹**

**RELATION OF USE OF NATURAL RESOURCES BY SURROUNDING COMMUNITIES
OF AN URBAN FOREST FRAGMENT IN
DOIS IRMÃOS STATE PARK, RECIFE – PERNAMBUCO**

Diogenes José Gusmão COUTINHO²

RESUMO – O trabalho visa determinar as relações entre comunidades e vegetação do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco. Através de 50 entrevistas, foram investigados aspectos da percepção ambiental dos moradores das comunidades do entorno da floresta do Parque Estadual, percebendo seu modo de vida e sua relação com os recursos naturais. Foram registradas 88 espécies, nativas, cultivadas e introduzida, e dez animais foram citados para a área. As famílias com maior representatividade em número de espécies foram: Fabaceae (treze espécies), Lamiaceae (seis) Anacardiaceae, Arecaceae e Cucurbitaceae (cinco), Anonaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Poaceae (quatro). O uso alimentício ocorreu em 31,42% das espécies, seguido do uso medicinal (28,57%), comercial (14,28%), madeireiro (11,42%), tecnológico (9,52%) e ornamental (4,76%). A vegetação nativa constitui uma fonte importante de recursos madeireiros e medicinais, mas é subutilizada como fonte de alimento. Os vegetais não têm grande relevância na atividade de comércio, servindo como complemento de renda para as famílias. As comunidades utilizam diferentes fontes vegetais para as categorias comércio, construção e tecnologia, decorrentes tanto das principais atividades que exercem seus moradores, como dos recursos naturais à sua disposição. O lixo, a falta de saneamento básico e alagamentos são os principais problemas enfrentados pelas comunidades.

Palavras-chave: florística; etnobotânica; etnozoologia; percepção ambiental.

ABSTRACT – The study aims to determine the relationships between vegetation communities and the Dois Irmãos State Park, Recife – Pernambuco. Through 50 interviews, aspects of environmental perception of the residents of the communities surrounding the State Park were investigated in order to find out their lifestyle and their relationship with natural resources. We recorded 88 species, native, cultivated and introduced and ten animals were reported for the area. Families with more representative number of species were Fabaceae (thirteen species), Lamiaceae (six) Anacardiaceae, Arecaceae and Cucurbitaceae (five), Anonaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae and Poaceae (four). The food was used for 31.42% of the species, followed by medical (28.57%), trading (14.28%), timber (11.42%), technology (9.52%) and ornamental (4.76%). The native vegetation is an important source of timber and medicinal resources, but is underutilized as a food source. Vegetables are very important in trading activity, serving as a complement of income for families. The communities use different plant sources for categories trade, construction and technology, both stemming from the main activities that perform their residents, as natural resources at their disposal. The garbage, lack of sanitation and flooding are the main problems faced by communities.

Keywords: floristic; ethnobotany; ethnozoology; environmental perception.

¹Recebido para análise em 26.05.12. Aceito para publicação em 26.03.13.

²Doutorando no Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego s/n, Cid. Universitária, 50.670-901 Recife, PE, Brasil. gusmao.diogenes@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, sendo considerado um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas, em termos de diversidade biológica do planeta (Terborgh, 1992; Myers et al., 2000). Esse bioma apresenta elevadas taxas de endemismos, que representam cerca de 40% de seu total de espécies (Myers et al., 2000), entretanto, figura como um dos ecossistemas mais ameaçados do mundo (Morellato e Haddad, 2000; Peixoto et al., 2002).

No início, a Floresta Atlântica apresentava cerca de 1.300.000 km² de extensão (Laurence, 1991). Hoje, cerca de 100 milhões de brasileiros vivem em mais de 3.000 cidades construídas em terras desmatadas deste ecossistema (Capobianco e Lima, 1997; Pernambuco, 2001; Tabarelli et al., 2006). Essa substituição de áreas contínuas e não perturbadas por pequenas partes ou ilhas mergulhadas em uma matriz não florestada é denominada fragmentação. Muitos desses fragmentos circundados por grandes centros urbanos, ou por vastas plantações de café, cana-de-açúcar, eucalipto. etc. permanecem constantemente alterados e ameaçados (Brown e Brown, 1992; Machado et al., 1998).

Com os desmatamentos, a expansão da agropecuária, a criação de infraestrutura econômica (como moradias, estradas, hidrelétricas, barragens, por exemplo), a expansão urbana e a extração florestal vêm diminuindo ainda mais o tamanho desses fragmentos (Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – FIDEM, 1987; Joly et al., 1991; Pernambuco, 2001; Cestaro e Soares, 2009). Numa tentativa de conservação dos fragmentos da Floresta Atlântica em Pernambuco, através da Lei nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987, foram criadas 40 reservas na Região Metropolitana do Recife (Pernambuco, 1987), incluindo a Reserva Ecológica de Dois Irmãos, que apesar da categoria de reserva ecológica, ainda se observa uma degradação nessa área que atualmente está inserida na categoria de Parque Estadual (Machado et al., 1998; Pernambuco, 1998).

O fragmento do Parque Estadual de Dois Irmãos possui um foco na realização de pesquisas voltadas para a produção de conhecimento sobre a diversidade e os processos biológicos na área. Isso inclui pesquisas em Botânica (Souza et al., 2007; Souza et al., 2009), e Zoologia (Silva e Cruz, 1993). As comunidades que vivem no entorno do fragmento

se utilizam da fauna local para obter alimento, couro e lucro na venda desses animais vivos (Albuquerque, 1999; Silva e Tabarelli, 2000). Os produtos florestais mais utilizados são: a madeira, as plantas medicinais e aromáticas, frutas, resinas, tanino, ceras e produtos para artesanato (Simula, 1999).

Entretanto, alguns estudos apontam para o mau uso dos recursos ambientais pelos moradores do entorno da mata, com deposição de lixo e esgoto em bordas e no interior da floresta (Machado et al., 1998), aumentando a população de ratos, mosquitos e cobras o que prejudica a própria saúde dos moradores (Silva e Cruz, 1993; Pinto e Brito, 2005; Silva e Vasconcelos, 2005).

Segundo Tuan (1980) e Albuquerque (1999), o homem costuma valorizar a natureza de acordo com as suas necessidades, ou seja, a percepção que o indivíduo tem da natureza é fundamental para definir o seu campo de ação em relação às transformações que nela ocorrem. A percepção ambiental passa a ser o processo que levará à formação de conceitos e ideias sobre o meio ambiente, ou concepções de meio ambiente (Ranta et al., 1998; Malavasi e Malavasi, 2001; Coelho et al., 2006; Roppa et al., 2007). Essas concepções são resultantes dos conhecimentos repassados pela escola, pela experiência de vida, pela situação econômica, tipo de atividade, trabalho, relações sociais, afetivas, entre outras (Vendrametto, 2004; Câmara, 2005; Miller, 2007).

Para um melhor planejamento e compreensão do ambiente urbano, fazem-se necessários estudos que enfoquem a percepção da população em relação ao meio ambiente, pois no uso cotidiano dos espaços, dos equipamentos e serviços urbanos, a população sente diretamente o impacto da qualidade ambiental (Didham e Lawton, 1999; Rio & Oliveira, 1999; Richter, 2008). Através do estudo da percepção ambiental é possível conhecer cada um dos indivíduos envolvidos, facilitando a realização de um trabalho com bases locais, partindo da realidade do público alvo, por sabermos como os indivíduos percebem o ambiente em que vivem, suas fontes de satisfação e insatisfação (Malavasi e Malavasi, 2001; Coelho et al., 2006; Roppa et al., 2007).

Entre as formas de se estudar a percepção ambiental se destacam os questionários, os mapas mentais ou contorno, a representação fotográfica, etc. Existem ainda trabalhos em percepção ambiental que buscam também promover a sensibilização, bem como o desenvolvimento do sistema de

percepção e compreensão do ambiente (Loureiro, 2009; Nascimento e Almeida, 2009; Ribeiro et al., 2009; Vilanova e Maitelli, 2009).

Desta forma, o presente trabalho teve como principal objetivo investigar sobre a percepção ambiental de moradores das comunidades do entorno da floresta do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife – Pernambuco, através de questionários, percebendo seu modo de vida, sua relação com os recursos naturais e possíveis alterações que promovam nesta floresta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está inserida no Bairro de Dois Irmãos, Recife – PE, que é um dos poucos remanescentes da Floresta Atlântica do Estado e corresponde ao fragmento de Mata Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos e o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, circundados pelas comunidades de Sítio dos Pintos, Córrego da Fortuna e comunidade do Sítio dos Macacos, Recife – PE, entre a BR 101 (próximo ao bairro da Guabiraba) e a comunidade do Sítio dos Pintos, ao lado da UFRPE.

O bairro de Dois Irmãos ocupa uma área de 370 ha, incluindo em seu perímetro a reserva da Mata Atlântica, três açudes (do Prata, do Meio e de Dois Irmãos) e o Horto Zoobotânico de Dois irmãos, constituindo um dos maiores fragmentos da Floresta Atlântica em perímetro urbano. Está localizado nas coordenadas 08°01'15,1"S e 34°56'3,2"W – sede, com altitude entre 30 e 80 m. A vegetação de acordo com a classificação do Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1992) é de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.

A pesquisa baseou-se em visitas aos quintais residenciais do Bairro de Dois Irmãos nas comunidades de Sítio dos Pintos, Córrego da Fortuna e Sítio dos Macacos, nos meses de janeiro de 2011 a maio de 2012, com entrevistas semiestruturadas realizadas com 50 famílias residentes no bairro, sendo contempladas questões sobre quais plantas são cultivadas no local (frutíferas, medicinais, aromáticas, hortaliças e ornamentais) e quais espécies eles coletavam da floresta e faziam uso.

Tomou-se a preferência de entrevistar líderes comunitários, moradores antigos, professores da área, donos de mercado e síndicos de condomínios, entre outros, pois são pessoas que de uma forma ou de outra se envolvem com a vida comunitária e/ou se engajam em lutas pela melhoria de seus bairros, o que possibilita a obtenção de informações privilegiadas sobre a área em estudo.

Para entender a relação de uso das espécies vegetais pelos moradores as mesmas foram enquadradas, segundo a sua utilidade, nas seguintes categorias de uso: alimentação, comércio, madeireiro, medicinal, ornamental e tecnológico (Prance et al., 1987). Foram considerados o porte das plantas (árvore, arbusto, erva e trepadeira) e os modos de obtenção, enquadrando como cultivadas, aquelas espécies que a comunidade cultiva em suas roças, sítios, hortas, quintais e jardins; nativas, as que são obtidas pela comunidade na vegetação local; introduzidas, as exóticas não manejadas, obtidas nas vizinhanças das residências; e compradas, aquelas plantas adquiridas no comércio local ou fora da comunidade.

Após as entrevistas, foi realizado o levantamento florístico e faunístico a partir do que tinha sido apontado pelos moradores. As espécies vegetais foram coletadas nos quintais das residências, no interior e na borda da floresta. Também foram feitas perguntas sobre quais animais existiam na floresta identificando-os com a literatura especializada. Para a identificação das espécies vegetais utilizou-se manuais de identificação de espécies (Lorenzi, 2000a; 2000b; Lorenzi e Souza, 2001; Lorenzi e Matos, 2002; Lorenzi et al., 2003) e por comparação com exsicatas do Herbário Prof. Vasconcelos Sobrinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco – PEUFR. A listagem das espécies de angiospermas seguiu a proposta de classificação das famílias reconhecidas pelo APG II (2003). Para uniformização dos nomes dos autores foi utilizado Brummitt e Powell (1992).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espécies Vegetais Utilizadas pelos Moradores do Entorno da Floresta Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco

Ao todo, foram citadas 88 espécies vegetais utilizadas nos quintais das casas e na floresta dos 50 informantes, distribuídas em 29 famílias e 77 gêneros. (Tabela 1). Entre as 29 famílias de espécies amostradas, cinco são representantes de monocotilêneas (Araceae, Arecaceae, Liliaceae, Poaceae e Zingiberaceae). Souza et al. (2009), em seu estudo realizado no sub-bosque destemido do mesmo fragmento do Parque Estadual de Dois Irmãos, listaram 108 espécies. As 88 espécies do presente estudo somam 81,48% do total de espécies levantadas em Souza et al. (2009),

Tabela 1. Hábito, forma de obtenção e categorias de uso de espécies utilizadas pelos moradores das comunidades de Sítio dos Pintos, Córrego da Fortuna e Sítio dos Macacos, Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Table 1. Habit, how to obtain and use categories of species used by communities of Sítio dos Pintos, Córrego da Fortuna and Sítio dos Macacos, Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Família/Espécie	Hábito	Forma de obtenção	Categoria de uso
ACANTHACEAE			
<i>Justicia pectoralis</i> Jacq. (chambá)	Erva	Cultivada	Medicinal
ANACARDIACEAE			
<i>Anacardium occidentale</i> L. (caju, caju-roxo)	Árvore	Nativa	Alimentação e medicinal
<i>Mangifera indica</i> L. (manga)	Árvore	Cultivada	Alimentação, tecnológico e medicinal
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (aroeira)	Árvore	Nativa	Madeireiro e Medicinal
<i>Spondias mombim</i> L. (cajá)	Árvore	Cultivada	Alimentação
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda (imbu)	Árvore	Cultivada	Alimentação
ANNONACEAE			
<i>Annona muricata</i> L. (graviola)	Árvore	Cultivada	Alimentação
<i>Annona squamosa</i> L. (pinha)	Árvore	Cultivada	Alimentação
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil. (embira-preta)	Árvore	Nativa	Madeireiro, tecnológico e Medicinal
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl. (embira-vermelha)	Árvore	Nativa	Madeireiro, tecnológico e Medicinal
APIACEAE			
<i>Coriandrum sativum</i> L. (coentro)	Erva	Cultivada	Alimentação
<i>Pimpinella anisum</i> L. (erva-doce)	Erva	Cultivada	Alimentação e medicinal
APOCYNACEAE			
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G.Don. (boa-noite)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Hancornia speciosa</i> Gomez (mangaba)	Árvore	Nativa	Alimentação
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson (banana-de-papagaio)	Árvore	Nativa	Tecnológico
ARACEAE			
<i>Dieffenbachia picta</i> Schott (comigo-ninguém-pode)	Erva	Cultivada	Ornamentação
ARECACEAE			
<i>Acrocomia intumescens</i> Drude (macaíba)	Árvore	Nativa	Alimentação e comércio
<i>Bactris</i> sp. (coco-de-fuso)	Árvore	Nativa	Alimentação, tecnológico e comércio
<i>Cocos nucifera</i> L. (coco)	Árvore	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Desmoncus</i> sp. (titara)	Trepadeira	Nativa	Alimentação
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. (dendê)	Árvore	Introduzida	Alimentação e comércio
ASTERACEAE			
<i>Acanthospermum hispidum</i> DC. (espinho de cigano)	Erva	Nativa	Medicinal
<i>Helianthus annuus</i> L. (girassol)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Lactuca sativa</i> L. (alface)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Vernonia condensata</i> Baker (alcachofra)	Arbusto	Cultivada	Medicinal

continua
to be continued

continuação –Tabela 1
 continuation – Table 1

Família/Espécie	Hábito	Forma de obtenção	Categoria de uso
CARICACEAE			
<i>Carica papaya</i> L. (mamão)	Árvore	Cultivada	Alimentação e medicinal
CLUSIACEAE			
<i>Symphonia</i> sp. (bulandi)	Árvore	Nativa	Medicinal e tecnológico
CUCURBITACEAE			
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad. (melancia)	Trepadeira	Cultivada	Alimentação
<i>Cucumis anguria</i> L. (maxixe)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Cucumis melo</i> L. (melão)	Trepadeira	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Luffa operculata</i> (L.) Cogn. (cabacinho)	Trepadeira	Nativa	Comércio
<i>Momordica charantia</i> L. (melão-de-são-caetano)	Trepadeira	Nativa	Alimentação e medicinal
EUPHORBIACEAE			
<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur (urtiga-branca)	Erva	Nativa	Medicinal
<i>Manihot esculenta</i> Crantz (macaxeira)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Pogonophora</i> sp. (cocoão)	Árvore	Nativa	Madeireiro e tecnológico
FABACEAE - Cercideae			
<i>Bauhinia monandra</i> Kurz (pata-de-vaca)	Árvore	Cultivada	Medicinal
FABACEAE - Caesalpinioideae			
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam. (pau-brasil)	Árvore	Nativa	Madeira
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. ex Tul. (jucá, pau-ferro)	Árvore	Introduzida	Ornamentação
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb. (café-beirão)	Arbusto	Nativa	Medicinal e ornamentação
<i>Tamarindus indica</i> L. (tamarindo)	Árvore	Cultivada	Alimentação e medicinal
FABACEAE - Faboideae			
<i>Arachis hypogaea</i> L. (amendoim)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
<i>Cajanus cajan</i> Huth (feijão-guandu)	Erva	Cultivada	Alimentação
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A.Howard (sombreiro)	árvore	Cultivada	Ornamentação
<i>Erythrina vellutina</i> Willd. (mulungu)	Árvore	Cultivada	Medicinal
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (feijão)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
FABACEAE - Mimosoideae			
<i>Mimosa</i> sp. (jurema-preta)	Árvore	Cultivada	Medicinal e tecnológico
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp. (visgueiro)	Árvore	Nativa	Madeira
<i>Stryphnodendron</i> sp. (favinha)	Árvore	Nativa	Madeira
HYPERICACEAE			
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy (lacre)	Árvore	Nativa	Medicinal

continua
to be continued

continuação –Tabela 1
 continuation – Table 1

Família/Espécie	Hábito	Forma de obtenção	Categoria de uso
LAMIACEAE			
<i>Mentha x villosa</i> Huds. (hortelã-miúda)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Ocimum basilicum</i> L. (manjerição)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Ocimum gratissimum</i> L. (alfavaca)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng. (hortelã-graúda)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Plectranthus barbatus</i> Andr. (boldo)	Erva	Cultivada	Medicinal
<i>Rosmarinus officinalis</i> L. (alecrim)	Erva	Cultivada	Medicinal
LAURACEAE			
<i>Nectandra cuspidata</i> Ness (canela)	Árvore	Nativa	Medicinal
<i>Persea americana</i> Mill. (abacate)	Árvore	Cultivada	Alimentação
LECYTHIDACEAE			
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Mart. ex Miers (embiriba)	Árvore	Nativa	Madeira e tecnológico
<i>Gustavia augusta</i> L. (japaranduba)	Árvore	Nativa	Medicinal
<i>Lecythis</i> sp. (sapucaia)	Árvore	Nativa	Madeira
LILIACEAE			
<i>Allium cepa</i> L. (cebola)	Erva	Cultivada	Alimentação, medicinal e comércio
<i>Allium schoenoprasum</i> L. (cebolinha)	Erva	Cultivada	Alimentação, medicinal e comércio
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f. (babosa)	Erva	Cultivada	Medicinal
MALPIGHIACEAE			
<i>Byrsonima sericea</i> DC. (murici)	Árvore	Nativa	Alimentação, Tecnológico e Madeira
<i>Malpighia emarginata</i> DC. (acerola)	Árvore	Cultivada	Alimentação e medicinal
MALVACEAE			
<i>Gossypium barbadense</i> L. (algodão)	Arbusto	Cultivada	Comércio e Medicinal
MELIACEAE			
<i>Cedrela odorata</i> L. (cedro, cedro-branco)	Árvore	Nativa	Medicinal e Madeira
MORACEAE			
<i>Artocarpus communis</i> J.R.Forst & G. Forst. (fruta-pão) A	Árvore	Cultivada	Alimentação
<i>Artocarpus integrifolia</i> L.f. (jaca)	Árvore	Cultivada	Alimentação
<i>Ficus</i> sp.	Árvore	Cultivada	Ornamentação
MYRTACEAE			
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. (eucalipto-roxo)	Árvore	Cultivada	Medicinal
<i>Eugenia uniflora</i> L. (pitanga)	Árvore	Cultivada	Alimentação e medicinal
<i>Psidium guajava</i> L. (goiaba)	Árvore	Cultivada	Alimentação e medicinal
<i>Psidium guineense</i> Sw. (araçá)	Árvore	Nativa	Alimentação e medicinal
PASSIFLORACEAE			
<i>Passiflora edulis</i> Sims (maracujá)	Liana	Cultivada	Alimentação e Medicinal

continua
 to be continued

continuação –Tabela 1
continuation – Table 1

Família/Espécie	Hábito	Forma de obtenção	Categoria de uso
PERACEAE			
<i>Pera ferruginea</i> (Schott) Müll. Arg. (chumbinho-madeira)	árvore	Nativa	Madeireiro e Medicinal
POACEAE			
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf (capim-santo)	Erva	Cultivada	Alimentação
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach. (capim-elefante)	Erva	Cultivada	Alimentação
<i>Saccharum officinarum</i> L. (cana-de-açúcar)	Erva	Cultivada	Alimentação, comercializada
<i>Zea mays</i> L. (milho)	Erva	Cultivada	Alimentação e comercializada
RUTACEAE			
<i>Citrus limonia</i> Osbeck (limão)	Árvore	Cultivada	Alimentação e comercializada
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck (laranja)	Árvore	Cultivada	Alimentação, Comercializada
<i>Ruta graveolens</i> L. (arruda)	Erva	Cultivada	Medicinal
SAPINDACEAE			
<i>Paullinia elegans</i> Cambess. (mata-fome)	Liana	Nativa	Alimentação
<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk. (pitomba)	Árvore	Cultivada	Alimentação
SOLANACEAE			
<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill. (tomate)	Erva	Cultivada	Alimentação
<i>Solanum tuberosum</i> L. (batatinha)	Erva	Cultivada	Alimentação e comércio
ZINGIBERACEAE			
<i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B.L. Burt & R.M. Sm. (colônia)	Erva	Cultivada	Medicinal

As famílias mais representativas em número de espécies foram: Fabaceae (treze) Lamiaceae (seis) Anacardiaceae, Arecaceae e Cucurbitaceae (cinco), Anonaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Poaceae (quatro), Apocynaceae, Lecythidaceae, Liliaceae, Moraceae e Rutaceae (três).

Em Souza et al. (2009), as famílias com maior número de espécies foram Rubiaceae (14), Fabaceae (9), Melastomataceae (8), Asteraceae (8), Myrtaceae (6) e Poaceae (4). Já Guedes (1998), estudando a flora fanerogâmica no Parque Estadual Dois Irmãos, constatou que as famílias mais representativas foram Fabaceae, Poaceae, Asteraceae e Myrtaceae. As famílias que predominaram tanto no presente estudo quanto nos levantamentos de Guedes (1998) e Souza et al. (2009) foram: Fabaceae, Asteraceae, Myrtaceae e Poaceae.

Silva e Andrade (2005), estudando as formas de uso de espécies vegetais em comunidades situadas próximo a Unidades de Conservação – UC, a Reserva Ecológica da Mata da Usina São José e Reserva Ecológica da Mata de Jaguarana em Pernambuco destacaram seis famílias botânicas com maiores números de espécies citadas, das quais cinco também se destacaram na presente investigação (Fabaceae, Lamiaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Poaceae).

Os resultados do presente estudo, quando comparados com os obtidos em diversos trabalhos realizados no Brasil, com comunidades que vivem no entorno de florestas e matas (Silva e Andrade, 2005; Franco e Barros, 2006; Sales et al., 2009; Freitas et al., 2012), demonstraram que as comunidades estudadas conhecem uma grande diversidade de vegetais, com diferentes formas de utilização.

Foi encontrada uma grande variedade de espécies de plantas utilizadas na alimentação em todos os quintais estudados, principalmente frutas e hortaliças, fato este evidenciado pela alta frequência de citação do uso alimentício (31,42%) (Figura 1). Todas as espécies alimentares da família Lamiaceae são usadas como condimentos para dar sabor aos alimentos. As famílias com predomínio de espécies alimentícias foram: Arecaceae (cinco) Anacardiaceae, Fabaceae e Poaceae (quatro), Cucurbitaceae e Myrtaceae (três),

Anonaceae, Malpighiaceae, Moraceae, Rutaceae, Sapindaceae e Solanaceae (duas), como ocorrido em outros trabalhos (Brito e Coelho, 2000; Albuquerque et al., 2005; Eichemberg et al., 2009).

Espécies exóticas também são comuns na alimentação, como a mangueira (*Mangifera indica*), o mamão (*Carica papaya*), o abacate (*Persea americana*), o coco (*Cocos nuccifera*) e os *Citrus* (limão e laranja) como em Brito e Coelho (2000), Albuquerque et al. (2005) e Eichemberg et al. (2009).

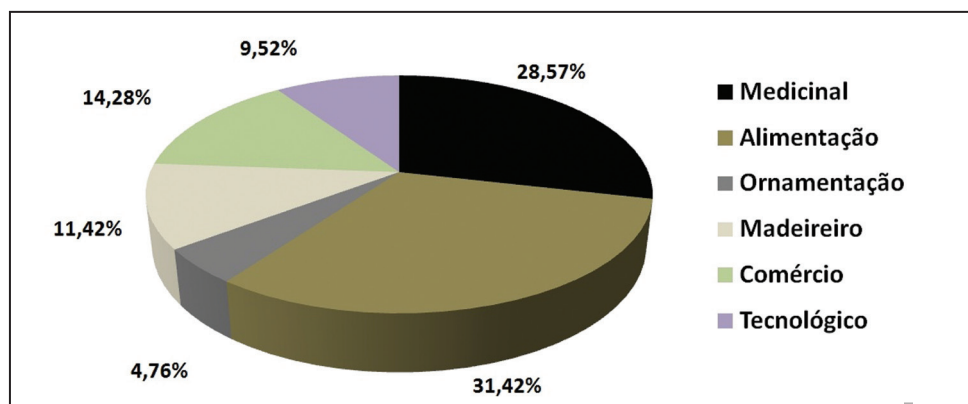


Figura 1. Porcentagem de espécies vegetais citadas e seus respectivos usos pelas comunidades do entorno da Floresta Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Figure 1. Percentage of plant species and their uses cited by the surrounding communities of the Atlantic Forest State Park Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Em relação ao hábito das 88 espécies levantadas, 54,54% são árvores, 34,09% são ervas, 7,94% trepadeiras e 3,40% arbustos (Figura 2). Entre as alimentícias, a maioria são árvores (75%), cujos frutos são comercializáveis, cultivados em quintais ou coletados de espécies nativas diretamente da floresta. Por outro lado, houve uma predominância das cultivadas entre as espécies de uso alimentício, como as frutíferas *Cocos nuccifera* (coco), *Mangifera indica* (manga), as raízes *Manihot esculenta* (macaxeira) e *Solanum tuberosum* (batata), algumas ervas e gramíneas como *Coriandrum sativum* (coentro), *Phaseolus vulgaris* (feijão) e *Zea mays* (milho), e os frutos nativos como o *Psidium guineense* (araçá) e a *Byrsonima sericea* (murici).

Alguns autores relatam que muitas espécies alimentícias são também utilizadas como medicinais (Amorozo, 2002; Smedo e Barbosa, 2007; Eichemberg et al., 2009; Ferreira e Sablayrolles, 2009), como é o caso da cebola (*Allium cepa* L.),

cebolinha (*A. schoenoprasum* L.), murici (*Byrsonima sericea* DC.), acerola (*Malpighia emarginata* DC.), pitanga (*Eugenia uniflora* L.), goiaba (*Psidium guajava* L.), araçá (*P. guineense* Sw.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims.), limão (*Citrus limonia* Osbeck.) e a laranja (*C. sinensis* (L.) Osbeck). Essas espécies auxiliam na alimentação dessas comunidades carentes, além de tratar de enfermidades corriqueiras como gripes e resfriados, disenterias, inflamações, etc., sendo os quintais agroflorestais unidades autossustentáveis (Amorozo, 1981; Brito e Coelho, 2000; Amaral e Guarim-Neto, 2008).

O uso medicinal ocorreu em 28,57% das espécies (Figura 1) e está distribuído predominantemente nas famílias Lamiaceae (seis), Anacardiaceae e Myrtaceae (quatro), Asteraceae e Rutaceae (três). Essas famílias prevaleceram também no uso medicinal em outros trabalhos realizados para a Floresta Atlântica (Machado et al., 1998; Moura e Andrade, 2007).

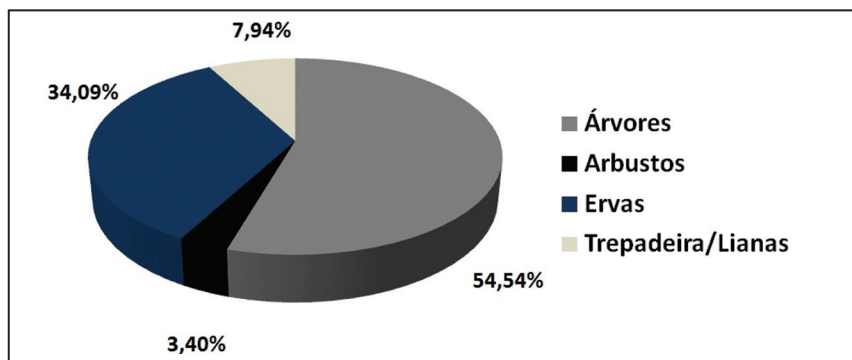


Figura 2. Porcentagem dos hábitos das espécies vegetais utilizadas pelos moradores das comunidades do entorno da Floresta Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Figure 2. Percentage of the habits of the species used by residents of surrounding communities of the Atlantic Forest in Dois Irmãos State Park, Recife – Pernambuco.

Das 43 espécies com uso medicinal, 80% são árvores ou arbustos, enquanto apenas 20% são ervas e trepadeiras. Esses dados apontam para o fato de que muitas das espécies utilizadas como medicinais são árvores nativas ou cultivadas nos quintais, sendo um recurso abundante e sempre disponível para os moradores (Moura e Andrade, 2007).

Foram registradas plantas utilizadas no tratamento de doenças respiratórias, como *Acanthospermum hispidum* (espinho-de-cigano), *Chenopodium ambrosioides* (mastruz) e *Plectranthus amboinicus* (hortelã graúda); problemas no aparelho digestivo, entre as quais *Plectranthus barbatus* (falso-boldo) e *Psidium guajava* (goiaba); como antifebril, foi citada a *Alpinia zerumbet* (colônia); com atividade anti-inflamatória e cicatrizante, *Anacardium occidentale* (caju-roxo) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira), entre outras indicações.

Dentre as espécies levantadas 14,28% possuem uso comercial, sendo frequente a utilização das espécies cultivadas como *Lactuca sativa* (alface), *Cucumis anguria* (maxixe), *Manihot esculenta* (macaxeira) e *Arachis hipogaea* (amendoim), como ocorreu em Soemarwoto (1987) e Winklerprins (2002).

Em relação ao modo de obtenção das 88 espécies, 64,77% foram obtidas por cultivo, 32,95% são nativas da mata e apenas 2,27% são introduzidas (Figura 3). Os usos madeireiro (11,42%) e tecnológico (9,52%) (Figura 1) predominaram entre as espécies nativas como a *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Guatteria australis* (embira-preta), *Eschweilera ovatta* (embiriba), *Tapirira guianensis* (peito de pombo) e *Parkia pendula* (visgueiro), mostrando que a vegetação local

é fonte essencial de recursos madeireiros utilizados na construção de casas, barracas, cercas, na fabricação de ferramentas, utensílios domésticos e instrumentos diversos, e também como combustível (lenha e carvão). Assim, um dos principais recursos retirados das matas vizinhas às comunidades estudadas é a madeira, cuja exploração desordenada reduz a área do fragmento florestal, contribuindo para a sua degradação (Costa, 1982; Moura e Andrade, 2007).

No uso tecnológico ou artesanal, a madeira foi a parte vegetal mais utilizada, seguida pela folha, cipó (caule flexível das lianas), galho e caule para a confecção dos mais variados artefatos como mourões de cerca (*Symphonia* sp.) e canoas (*Parkia pendula*). Segundo Melo (1978), Costa (1982) e Andrade (1988), a grande devastação da Floresta Atlântica se deve também à superexploração dos recursos madeireiros.

Todos os moradores visitados têm conhecimento sobre algumas espécies de plantas com propriedades medicinais, assim, se beneficiam por utilizar estas plantas que estão sempre disponíveis em seus quintais e na floresta, sendo uma alternativa que não custa dinheiro, além de possuir efeitos satisfatórios quando empregada corretamente. Os quintais domésticos, além de fornecerem alimentos, melhoram o microclima das cidades e podem aumentar a biodiversidade dos ambientes urbanos. No entanto, é necessário o cuidado na utilização de espécies vegetais exóticas invasoras que, se não manejadas, interferem na conservação dos remanescentes de ecossistemas naturais adjacentes às cidades (Moura e Andrade, 2007; Semedo e Barbosa, 2007; Althaus-Ottmann et al., 2011).

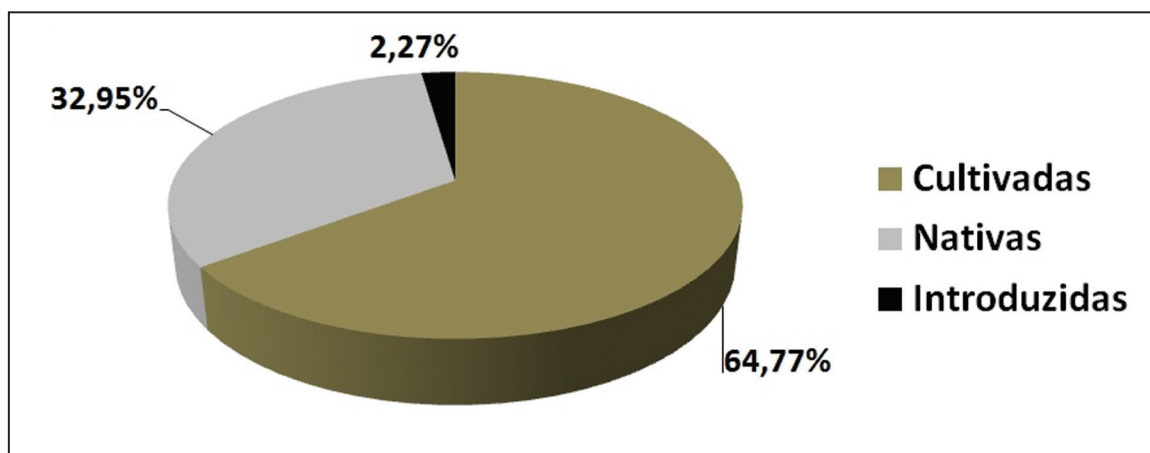


Figura 3. Porcentagem de espécies vegetais cultivadas, nativas e introduzidas utilizadas pelos moradores comunidades do entorno da Floresta Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Figure 3. Percentage of cultivated plant species, native and introduced used by residents of surrounding communities of the Atlantic Forest in Dois Irmãos State Park Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

3.2 Espécies de Animais Criados nas Casas e Sítios e Ocorrentes na Floresta Atlântica do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco

Nas casas e sítios dos entrevistados, os rebanhos bovino e equino são reduzidos, contendo no máximo 15 cabeças. As aves constituem a base da alimentação dessas comunidades, porém, seu consumo não é diário na maioria das casas. A criação dessas, na maior parte dos casos, é feita de forma confinada, incluindo galinhas, galos, galinhas d'angola, patos, perus, entre outras aves.

Embora, esses remanescentes de Floresta Atlântica constituam, pela sua extensão, prováveis refúgios de fauna silvestre, os desmatamentos e a caça predatória têm acarretado a redução das espécies vegetais e animais, ameaçando, desta forma, a diversidade florística e faunística que ainda existe na área. Os moradores citaram alguns animais nas áreas, como: bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus* Linnaeus, 1766), pardal (*Passer domesticus* Linnaeus, 1758), sagui (*Callithrix jacchus* Linnaeus, 1758), preguiça (*Bradypus variegatus* Schinz, 1825), tatu (*Dasypus novemcinctus* Linnaeus, 1758), timbú (*Didelphis* sp.), camaleão (*Iguana iguana* Linnaeus, 1758), calango (*Ameiva ameiva* Linnaeus, 1758), macaco-prego (*Cebus* sp.), papa-mel (*Eira barbara* Linnaeus, 1758) e muitas espécies de cobras.

A caça, dita eventual e de subsistência, é registrada nas três áreas, sendo esta atividade feita através de armadilhas artesanais de lata, caixa de papelão ou madeira, canos de PVC e com armas de fogo; espécies de mamíferos são frequentemente encontradas mortas vítimas de atropelamento nas avenidas que cortam o *Campus* da UFRPE e das comunidades do entorno.

3.3 Problemas Enfrentados pelos Moradores das Comunidades do Entorno da Floresta Atlântica no Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco

Quando se perguntou aos moradores qual era o maior problema da comunidade, a maioria dos entrevistados respondeu que seria o lixo (65,3% dos casos) (Figura 1), seguido de alagamentos (14,1%) e falta de saneamento básico (9,7%). Esses problemas também foram elencados como frequentes em outros trabalhos realizados na Floresta Atlântica com comunidades do entorno, como nos trabalhos de Ribeiro e Galizoni (2003) e Rosa et al. (2010). A qualidade do meio é consequência de fatores percebidos pelo ser humano. O modo de ver da população determina o grau de conservação que as pessoas estão dispostas a exercer sobre o meio, e isso reflete na própria qualidade de vida da população (Myers et al., 2000). No caso dessas comunidades, é comum o aparecimento de ratos, mosquitos e cobras, ocasionado problemas de saúde.

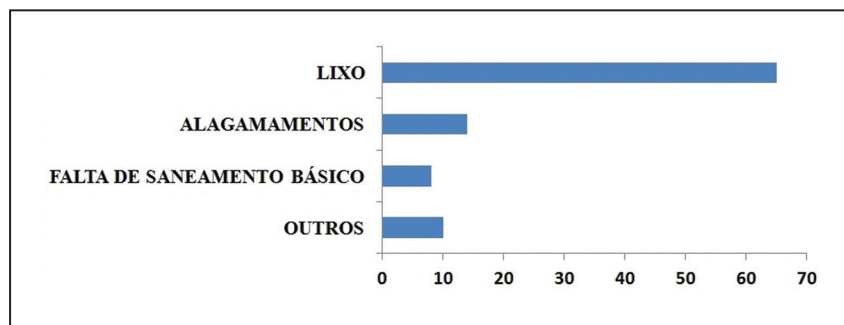


Figura 4. Principais problemas enfrentados pelos moradores das comunidades do entorno do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife – Pernambuco.

Figure 4. Main problems faced by residents of surrounding communities of the Dois Irmãos State Park, Recife – Pernambuco.

O grande problema sofrido pela comunidade atualmente é a má deposição do lixo, mesmo onde existe a coleta, formando focos de lixo nas frentes e quintais das casas, na borda e no interior da mata e até em corpos d'água. Os moradores da comunidade são cientes da sua responsabilidade quanto ao lixo, desmatamento desordenado, morte de animais silvestres, sendo importante, neste caso, ações de intervenção com educação ambiental e fiscalização adequada (Albuquerque, 1999).

É sabido que não é fácil mudar a percepção e a forma de utilização dos recursos da mata por comunidades de seu entorno, mas é de pequenas ações que nos tornamos capazes de realizar e promover mudanças expressivas (Brown e Brown, 1992). Porém, para que isso aconteça se faz necessário conhecer todos os problemas envolvidos, todos os agentes que ameaçam o ambiente no local, como a comunidade se utiliza dos recursos da mata, e como ajudar a conservar a flora e a fauna que tanto eles precisam, através da educação ambiental, de medidas jurídicas, da fiscalização e da formação, por exemplo, de sistemas agroflorestais (Brito e Coelho, 2000).

É notória a necessidade de fundação de programas que proporcionem a melhoria da qualidade de vida da população, do ambiente em que se vivem e o maior engajamento do setor público frente à problemática dos resíduos sólidos e da perda de espécies vegetais e animais, cuja associação de trabalhos pedagógicos com a prática, é essencial.

4 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES por conceder a bolsa de mestrado ao autor do presente trabalho, aos entrevistados por aceitarem participar, bem como à Profª. Dra. Suzene Izídio da Silva, do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelo auxílio em algumas identificações de material botânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, U.P. La importancia de los estudios etnobiológicos para establecimiento de estrategias de manejo y conservación en las florestas tropicales. **Biotemas**, v. 12, p. 31-47, 1999.

_____.; ANDRADE, L.H.C.; SILVA, A.C.O. Use of plant resources in a seasonal dry Forest (Northeastern Brazil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 27-38, 2005.

ALTHAUS-OTTMANN, M.M.; CRUZ, M.J.R.; FONTE, N.N. Diversidade e uso das plantas cultivadas nos quintais do Bairro Fanny, Curitiba, PR, Brasil. **R. bras. Bioci.**, v. 9, p. 39-49, 2011.

AMARAL, C.N.; GUARIM-NETO, G. Os quintais como espaços de conservação e cultivo de alimentos: um estudo na cidade de Rosário Oeste (Mato Grosso, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 3, p. 329-341, 2008.

AMOROZO, M.A.M. Alimentação em um bairro pobre de Manaus, Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 13, p. 5-43, 1981.

_____. Uso e diversidade de plantas medicinais em Santo Antônio do Leverger, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, p. 189-203, 2002.

ANDRADE, M.C. **Área do sistema canavieiro**. Recife: SUDENE. 1988. v. 1, 648 p.

BRITO, M.A.; COELHO, M.F.B. Os quintais agroflorestais em regiões tropicais – unidades auto-sustentáveis. **Revista Agricultura Tropical**, v. 4, p. 1-21, 2000.

BRUMITT, R.K.; POWELL, C.E. **Authors of plant names**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. 732 p.

BROWN JR., K.S.; BROWN, G.G. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. In: WHITMORE, T.C.; SAYER, J.A. (Ed.). **Tropical deforestation and species extinction**. London: Chapman & Hall, 1992. v. 1, p. 129-142.

CÂMARA, I. G. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica: Conservação Internacional, 2005. v. 1, p. 472.

CAPOBIANCO, J.P.R.; LIMA, A. A evolução da proteção legal da Mata Atlântica. In: LIMA, A.; CAPOBIANCO, J.P.R. (Org.). **Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para sua conservação**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 1997. v. 1, p. 7-18. (Documentos do ISA nº 4).

CESTARO, L.A.; SOARES, J.J. The arboreal layer of a lowland Semideciduous (Tabuleiro) Forest Fragment in Rio Grande do Norte, Brazil. In: THOMAS, W.W. (Ed.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil**. New York: The New York Botanical Garden Press, 2009. v. 1, p. 417-438.

COELHO, J.A.P.M.; GOUVEIA, V.V.; MILFONT, I.I. Valores humanos como explicadores de atitudes ambientais e intenção de comportamento pró-ambiental. **Psicologia em Estudos**, v. 11, p. 11-23, 2006.

COSTA, E.M.P. **Expansão urbana e organização espacial**. Recife: Universitária, 1982. v. 1, 248 p.

DIDHAM, R.K.; LAWTON, J.H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, v. 31, p. 17-30, 1999.

EICHEMBERG, M.T.; AMOROZO, M.C.M.; MOURA, L.C. Species composition and plant use in old urban homegardens in Rio Claro, Southeast of Brazil. **Acta bot. bras.**, v. 4, p. 1057-1075, 2009.

FERREIRA, T.B.; SABLAYROLLES, M.G.P. Quintais agroflorestais como fontes de saúde: plantas medicinais na comunidade de Vila Franca, Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Pará. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3159-3162, 2009.

FRANCO, E.A.P.; BARROS, R.F.M. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 8, p. 78-88, 2006.

FREITAS, A.V.L. et al. Plantas medicinais: um estudo etnobotânico nos quintais do Sítio Cruz, São Miguel, Rio Grande do Norte, Brasil. **R. bras. Bioci.**, v. 10, p. 48-59, 2012.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE – FIDEM. **Reservas ecológicas da Região Metropolitana do Recife**. Recife, 1987. v. 1, 108 p. (Série de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente).

GUEDES M.L.S. Vegetação fanerogâmica na Reserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I.C.; LOPES, A.V.; PORTO, K.C. (Ed.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil)**. Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente: Editora Universitária da UFPE, 1998. v. 1, p. 157-172.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: DERNA, 1992. 92 p. (Manuais Técnicos de Geociências 1).

- JOLY, A.B.; LEITÃO-FILHO, H.F.; SILVA, S.M. O patrimônio florístico. In: CÂMARA, I.G. (Ed.). **Mata Atlântica**. São Paulo: Indx: Fundação SOS Mata Atlântica, 1991. v. 1, p. 96-128.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2000a. v. 1, 352 p.
- _____. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000b, v. 1, 620 p.
- _____.; SOUZA, H. **Plantas ornamentais**. 3. ed. São Paulo: Plantarum, 2001. v. 1, 1088 p.
- _____.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1, 512 p.
- _____. et al. **Árvores exóticas no Brasil**: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Plantarum, 2003. v. 1, 352 p.
- LOUREIRO, C.F.B. (Org). **Educação ambiental, gestão pública, movimentos sociais e formação humana** – uma abordagem emancipatória. São Carlos: Rima, 2009. v. 5, 453 p.
- MACHADO, I.C., LOPES, A.V.; PORTO, K.C. **Reserva Ecológica de Dois Irmãos**: estudos em um remanescente de Mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil). Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente: Editora Universitária da UFPE, 1998. v. 1, 326 p.
- MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Avaliação da arborização urbana pelos residentes – estudo de caso em Marechal Cândido Rondon, Paraná. **Revista Ciência Florestal**, v. 11, p. 189-193, 2001.
- MELO, M.L. **Metropolização e subdesenvolvimento**: o caso do Recife. Recife: Departamento de Ciências Geográficas – CFCH/UFPE, 1978. p. 173-178.
- MILLER, R.W. **Urban forestry**: planning and managing urban greenspaces. 2nd ed. Long Grove: Waveland, 2007. 303-310.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- MORELLATO, L.P.C.; HADDAD, C.F.B. Introduction: the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 34, p. 786-792, 2000.
- MOURA, C.L.; ANDRADE, L.H.C. Etnobotânica em quintais urbanos nordestinos: um estudo no Bairro da Muribeca, Jaboatão dos Guararapes, PE. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 219-221, 2007.
- NASCIMENTO, M.V.E.; ALMEIDA, E.A. Importância da realização de trilhas participativas para o conhecimento e conservação da diversidade biológica: uma análise da percepção ambiental. **Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambiental**, v. 23, p. 358-368, 2009.
- PEIXOTO, A.L.; ROSA, M.M.T.; SILVA, I.M. Características da Mata Atlântica. In: SYLVESTRE, L.S.; ROSA, M.M.T. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica: EDUR, 2002. v. 1, p. 123.
- PERNAMBUCO. Lei nº 9.989, de 13 de janeiro de 1987. Define as reservas ecológicas da região metropolitana do Recife. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 14 jan. 1987.
- PERNAMBUCO. Lei nº 11.622, de 29 de dezembro de 1998. Parque Estadual de Dois Irmãos. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 30 dez. 1998. .
- PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. **Diagnóstico das Reservas Ecológicas**: Região Metropolitana do Recife. Recife, 2001. v. 1, 79 p.
- PINTO, L.P.; BRITO, M.C.W. Dinâmica da perda da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira: uma introdução. In GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. **Mata Atlântica**: biodiversidade, ameaças e perspectivas. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica: Conservação Internacional, 2005. p. 27-30.
- PRANCE, G.T.W.; BOOM, B.B.M.; CARNEIRO, R.L. Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia. **Conservation Biology**, v. 1, p. 296-310, 1987.
- RANTA, P. et al. The fragmented atlantic forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity Conservation**, v. 1, p. 385-403, 1998.

- RIBEIRO, E.M.; GALIZONI, F.M. Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Ambiente e Sociedade**, v. 5, p. 129-146, 2003.
- RIBEIRO, W.C.; LOBATO, W.; LIBERATO, R.C. Notas sobre fenomenologia, percepção e educação ambiental. **Revista Sinapse Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 42-65, 2009.
- RIO, V.; OLIVEIRA, L. (Org.). **Percepção ambiental – a experiência brasileira**. 2. ed. São Paulo: UFSCAR: Studio Nobel, 1999. 200 p.
- RICHTER, E.M. **Percepção ambiental do Parque Urbano Integrado Elso Pilau, município de Girua-RS**. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ROSA, J.C.S.; SANTOS, S.I.A.; PEREIRA, D.C. O acúmulo de lixo no aglomerado da serra: uma visão de comunidades do entorno do Parque Municipal das Mangabeiras. **Revista Sinapse Ambiental**, v. 7, p. 27-45, 2010.
- ROPPIA, C. et al. Diagnóstico da percepção dos moradores sobre a arborização urbana na Vila Estação Colônia – Bairro Camobi, Santa Maria – RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, p. 21-33, 2007.
- SALES, G.P.S.; ALBUQUERQUE, H.N.; CAVALCANTE, M.L. Estudo do uso de plantas medicinais pela comunidade quilombola Senhor do Bonfim – Areia – PB. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, p. 31-36, 2009.
- SEMEDO, R.J.C.G.; BARBOSA, R.I. Árvores frutíferas nos quintais urbanos de Boa Vista, Roraima, Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, v. 4, p. 497-504, 2007.
- SILVA, A.J.R.; ANDRADE, L.H.C. Etnobotânica nordestina: estudo comparativo da relação entre comunidades e vegetação na Zona do Litoral – Mata do Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 19, p. 45-60, 2005.
- SILVA, D.F.; VASCONCELOS, S.D. Flebotomíneo em fragmentos de Mata Atlântica na Região Metropolitana do Recife, PE. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 38, n. 3, p. 264-266, 2005.
- SILVA, G.S.; CRUZ, M.M. Comportamento e composição de um grupo de *Callithrix jacchus* Erxleben (Primates, Callitrichidae) na mata de Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 10, p. 509-520, 1993.
- SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 4, p. 72-74, 2000.
- SIMULA, M. Trade and environmental issues in forest production. In: KEIPI, K. (Ed.). **Forest resource policy in Latin America**. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, 1999. v. 1, p. 195-230.
- SOEMARWOTO, O. Home gardens: a traditional agroforestry system with a promising future. In: STEPPLER, H.A.; NAIR, P.K.R. (Ed.). **Agroforestry: a decade of development**. Nairobi: ICRAF, 1987. v. 1, p. 157-170.
- SOUZA, G.S. et al. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. **Acta bot. bras.**, v. 3, p. 521-529, 2007.
- SOUZA, A.C.R.; ALMEIDA Jr., E.B.; ZICKEL, C.S. Riqueza de espécies de sub-bosque em um fragmento florestal urbano, Pernambuco, Brasil. **Biotemas**, v. 22, p. 57-66, 2009.
- TABARELLI, M. et al. Fragmentação e perda de habitat na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco. In: FILHO, J.A.S.; ELTON, M.C.L. (Org.). **Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste: biodiversidade, conservação e suas bromélias**. Rio de Janeiro: Andrea Jacobsson Estúdio Editorial, 2006. v. 1, p. 80-99.
- TERBORGH, J. Maintenance of biodiversity in tropical forest. **Biotropica**, v. 24, p. 283-292, 1992.
- TUAN, Y. F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. New Jersey: DIFEL, 1980. v. 3, 288 p.

VENDRAMETTO, L.P. **Educação ambiental em unidades de conservação:** um estudo de caso na Área de Proteção Ambiental de Sousas e Joaquim Egídio. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

VILANOVA, S.R.F.; MAITELLI, G.T. A importância da conservação de áreas verdes remanescentes no Centro Político Administrativo de Cuiabá–MT. **Revista UNICIências**, v. 13, p. 55-71, 2009.

WINKLERPRINS, A.M.G.A. House-lot gardens in Santarém, Pará, Brazil: linking rural with urban. **Urban Ecosystems**, v. 6, p. 43-65, 2002.

**ANATOMIA DO LENHO DE *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (RUTACEAE)
UMA ESPÉCIE ENDÊMICA¹**

**WOOD ANATOMY OF *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (RUTACEAE)
AN ENDEMIC SPECIES**

Adriano Antonio DAROSCI^{2,4}; Maria Terezinha Silveira PAULILO³

RESUMO – A anatomia vegetal é útil para a caracterização das espécies e do ambiente em que estas vivem. Muitas espécies respondem a algumas características ambientais com alterações na anatomia do lenho, por exemplo, na quantidade de vasos e raios, o que contribui para a sobrevivência no ambiente. Outras respostas anatômicas do lenho, devido às condições fisiológicas-estruturais presentes em diferentes regiões do caule, também são comuns. O presente estudo analisou a anatomia do lenho de *Raulinoa echinata*, espécie endêmica da mata ciliar do Vale do Itajaí, a fim de buscar alterações do lenho em resposta a algumas características ambientais, além daquelas provocadas pelas diferentes regiões do caule. Para tanto, amostras do lenho foram coletadas em duas regiões: próxima do solo e à altura do peito (1,30 m). Possíveis respostas de *R. echinata* ao ambiente ripário foram observadas no comprimento e na frequência das fibras, na largura dos raios e no comprimento e na frequência total de vasos, com diferenças significativas, entre as duas regiões, apenas em características quantitativas. A espécie apresentou, ainda, vasos múltiplos tangenciais e em cacho, características até então não descritas para Rutaceae. Não foram vistos na espécie canais traumáticos, característica comum para Rutaceae.

Palavras-chave: endemismo; ripário; vasos múltiplos em cacho; vasos múltiplos tangenciais.

ABSTRACT – Plant anatomy is useful for the characterization of species and their associated environment. Many species, because of habitat features, can show anatomical alterations of wood that permit their survival in the environment, quantity of vessels and rays, for example. Other anatomical alterations caused by structural-physiological conditions present in different regions of the stem are also common. In this study, the anatomy of *Raulinoa echinata* wood, an endemic riparian forest species of Itajaí Valley, was analyzed in order to identify alterations in wood because of specific habitat features, as well as adaptations in different regions of the stem. Wood samples were collected in two regions: near the ground and at breast height (1.30 m). *R. echinata* showed likely responses to the riparian forest in length and frequency of fibers, in width of rays and in length and frequency of vessel elements. The two wood regions showed only quantitative differences. The species also presented multiple tangential and clustered vessels. These characteristics had not yet been described for Rutaceae. The species did not present traumatic canals, which is common characteristic of the Rutaceae.

Keywords: endemism; riparian; multiple clustered vessels; multiple tangential vessels.

¹Recebido para análise em 23.05.12. Aceito para publicação em 08.04.13.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG – *campus* Formosa, Setor Expansão Parque Lago, 73813-816 Formosa, GO, Brasil.

³Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – Campus Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, 88040-970 Florianópolis, SC, Brasil.

⁴Autor para correspondência: Adriano Antonio Darosci – solacost@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O gênero monoespecífico *Raulinoa* (Rutaceae), representado por *R. echinata* R.S.Cowan (Cowan e Smith, 1973), é encontrada apenas em Santa Catarina, sendo endêmica do vale do rio Itajaí-açu, e é um componente das florestas ciliares entre os municípios de Indaial e Ibirama. A espécie ocorre em agrupamentos densos, quase homogêneos, formando uma faixa que, em geral, não vai além de 5 m em relação à linha de margem do rio (Cowan e Smith, 1973), onde boa parte dos indivíduos pode permanecer parcialmente submersa (Arioli et al., 2008). Mesmo com uma alta densidade local, as espécies endêmicas são vulneráveis, pois, devido à alta especialização, possuem poucos habitats disponíveis (Simon e Amaral, 2003). Além disso, as matas ciliares vêm sofrendo alta degradação (Blom e Voesenek, 1996), outro agravante para a preservação de *R. echinata* que já está presente na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção do Brasil (2008).

Dentre os poucos estudos disponíveis sobre *R. echinata*, nenhum é a respeito da anatomia do lenho da espécie. Apesar de não oferecer bons parâmetros para uma relação filogenética, em comparação a análise do DNA, a anatomia do lenho ainda é sensível para detectar as semelhanças e diferenças que estão presentes entre as espécies e entre os gêneros (Carlquist, 2001).

A anatomia do lenho pode, ainda, relatar respostas das plantas às características ambientais do seu habitat. A atividade cambial, por exemplo, pode ser interrompida em situações de baixa temperatura e pouca disponibilidade hídrica, levando a modificações em aspectos do lenho, como a presença das camadas de crescimento (Borchert, 1999). Noshiro e Suzuki (1995), analisando a anatomia do lenho de espécies do gênero *Rhododendron*, observaram modificações na quantidade e tamanho dos vasos e na quantidade de raios multisseriados em resposta às características ambientais, como a altitude. Mudanças anatômicas devido às condições ambientais foram observadas, ainda, no gênero *Hibbertia*, a partir de espécies de hábito arbóreo em ambientes méxicos e de hábito arbustivo em ambientes xéricos (Dickison et al., 1978). Plantas de mata ciliar também desenvolvem adaptações anatômicas que garantem a sobrevivência aos longos períodos de cheia que são comuns nesse ambiente,

como o aerênquima nas raízes, a expansão celular na porção aérea e a formação de raízes adventícias (Blom e Voesenek, 1996). Todas essas adaptações podem resultar em casos de endemismo, visto que a ocorrência deste em uma determinada vegetação pode estar relacionada a histórias de distúrbios ambientais, geológicos e/ou, climáticos extremos, o que permitiu às espécies se tornarem restritas aos seus ambientes (Médail e Verlaque, 1997; Barberis et al., 2005).

Além do ambiente, a região do caule, ápice ou base, pode promover diferenças na anatomia do lenho, simplesmente por se tratarem de regiões diferentes, independentemente de razões ambientais (Tomazello Filho, 1985; Lei et al., 1996; Rocha et al., 2004). Para Hacke e Sperry (2001), a dominância apical é responsável por mudanças, em relação à região basal, no agrupamento, na quantidade e no diâmetro dos vasos, por exemplo.

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi a obtenção e a análise de aspectos anatômicos do lenho de *R. echinata*, sob a perspectiva de avaliar a resposta do lenho da espécie às características do habitat, contribuindo com a compreensão da relação espécie x ambiente; buscar o entendimento da resposta do lenho às diferentes regiões do caule, e fornecer subsídios para os estudos de taxonomia da família Rutaceae.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material lenhoso foi coletado de cinco indivíduos, de cada um deles foram coletadas duas amostras (toretas de 10 cm do caule), uma a 15 cm do solo (base) e uma à altura do peito (ápice) (1,30 m), mais próximo à copa. Os indivíduos apresentavam de 2 a 2,5 m de altura.

A população desses indivíduos está localizada no município de Apiúna (SC), às margens rochosas do rio Itajaí-açu, 27°02'08"S e 49°23' 23"W. O clima da região é mesotérmico úmido, com verão quente, temperatura média de 19,7 °C e com altitude de 87 m.s.m. (Bertol et al., 2000). Amostra da espécie foi coletada, herborizada, para confirmação da identificação, e depositada no Herbário Flor da Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC) com o registro Adriano, Flor 36734.

Foram confeccionados três blocos para cada amostra coletada, orientados para a obtenção de secções anatômicas nos planos transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial. Como o diâmetro dos caules não era grande (em torno de três centímetros), foi possível obter blocos e também secções que apresentavam tanto o lenho juvenil quanto o maduro. Para a microtomia, os blocos foram amolecidos por fervura em água destilada e glicerina (1:1) durante oito horas e seccionados em micrótomo de deslize, com espessura de 21 μm . As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio (20%), corados com azul de astra e safranina (Bukatsch, 1972 apud Kraus e Arduin, 1997), desidratados em série alcoólica ascendente (30%, 50%, 70%, 90% e duas vezes álcool absoluto), diafanizados em acetato de butila e montados em lâminas permanentes com verniz vitral (Acrilex®) (Paiva et al., 2006). No preparo de lâminas de tecido lenhoso dissociado, foi usada a técnica de maceração com solução de Franklin (Franklin, 1945 apud Kraus e Arduin, 1997), coloração com safranina e as etapas de desidratação e montagem de lâminas permanentes que seguiram o anteriormente descrito.

As descrições das características microscópicas da madeira estão de acordo com IAWA Committee (1989) e com o trabalho de Herendeen e Miller (2000).

Para as fotografias e análises qualitativas e quantitativas foi utilizado o software Q Capture versão 5.1.1.14 para Windows acoplado ao microscópio Olympus BX51.

Para a análise quantitativa, através de mensurações e contagens, escolheram-se, aleatoriamente, de cada indivíduo, três lâminas de cada amostra. Durante a mensuração de um aspecto anatômico, de cada lâmina, o campo visual localizado no canto direito e acima era escolhido e dele eram tiradas cinco medições. Já para a contagem de um aspecto anatômico, de cada lâmina, cinco campos visuais, com 200 μm^2 cada, eram escolhidos: um de cada canto e um no centro. Ao todo, foram 15 valores, entre mensurações e contagens, de cada aspecto anatômico, por indivíduo. Dessa maneira, obtiveram-se, para cada aspecto anatômico de cada amostra, 75 valores, entre mensurações e contagens,

de onde foi possível, então, calcular as médias e aplicar a análise estatística, entre as duas amostras, utilizando o teste t de Student (5%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características qualitativas da anatomia do lenho de *R. echinata* não diferiram para as duas amostras, mais próxima ao solo e mais próxima à copa. Urbinati et al. (2003), analisando diferenças anatômicas entre regiões apical e basal do caule, demonstraram algumas características qualitativas que também foram indiferentes às duas regiões. Além disso, as características qualitativas também podem se manter constantes em diferentes condições ambientais (Joshi, 2000; Aguilar-Rodríguez et al., 2006; Ribeiro e Barros, 2006). As respostas diretas às condições ambientais são, em geral, menores e apenas quantitativas (Chalk, 1983). Assim sendo, para ambas as amostras as características encontradas foram:

Vasos: porosidade difusa, solitários e múltiplos radiais, tangenciais e em cacho. Seção circular e ovalada (Figura 1A, Figura 1B e Figura 2A).

Elementos de vaso: apêndice presente em uma, nas duas extremidades ou ausente. Placa de perfuração simples e oblíqua ou praticamente perpendicular aos vasos (Figura 1C). As pontuações intervasculares são areoladas, poligonais e alternas (Figura 2B).

Parênquima axial: paratraqueal escasso, vasicêntrico e aliforme confluyente, formando linhas ou em faixas demarcando as camadas de crescimento. (Figura 1A, Figura 1B e Figura 2A).

Raios: heterocelulares, corpo do raio com células procumbentes, com uma ou duas fileiras de células marginais eretas ou quadradas (Figura 1D). Unisseriados e multisseriados (bisseriados), sendo alguns fusionados (Figura 2D). As pontuações são semelhantes às intervasculares.

Camadas de crescimento: distintas, demarcadas por faixas de parênquima paratraqueal confluyente (Figura 2A) e por camadas de fibras do lenho tardio achatadas radialmente (Figura 2C).

Fibras: do tipo libriforme, septadas, com pontuações areoladas diminutas.

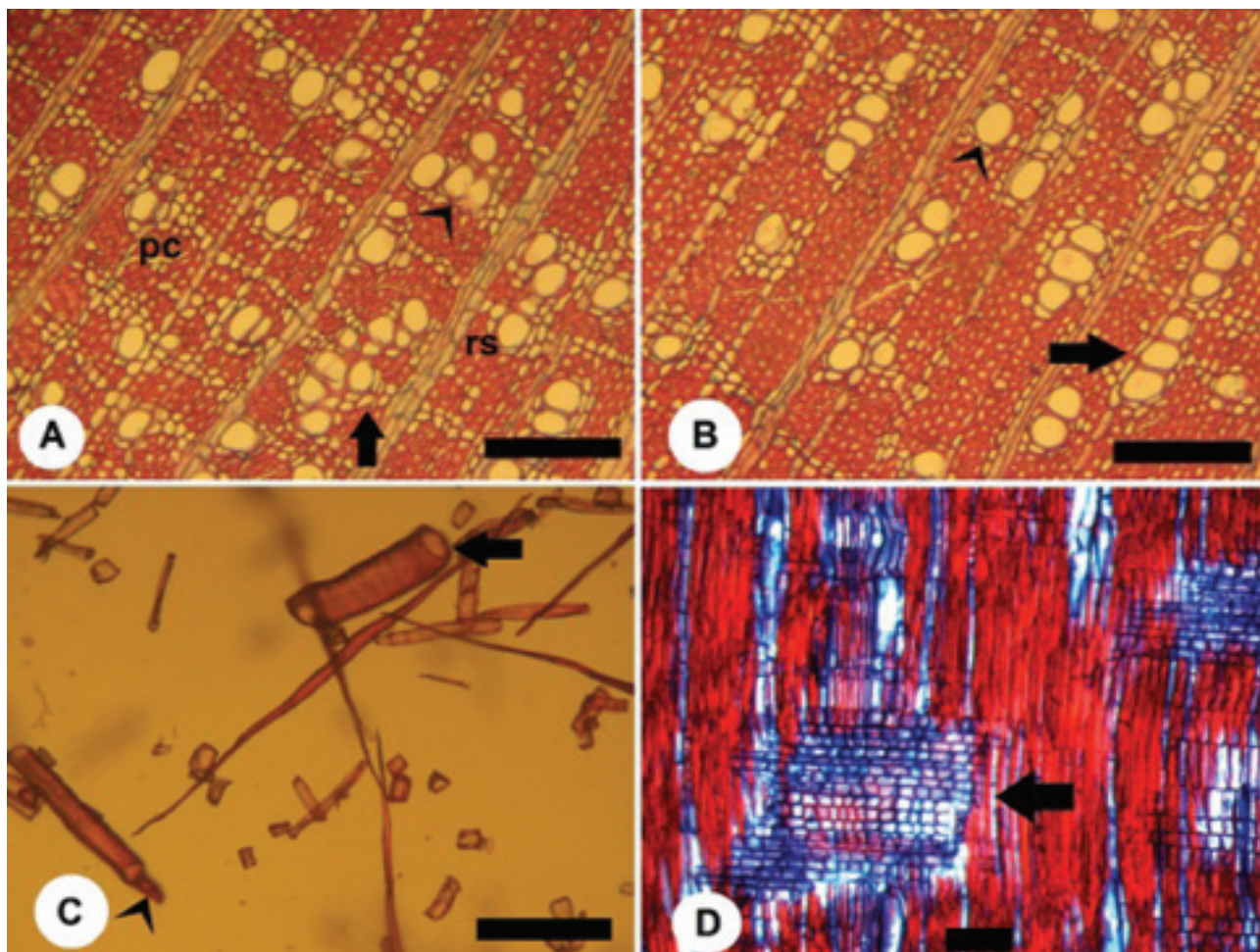


Figura 1. Aspectos anatômicos da madeira de *Raulinoa echinata*. A. No plano transversal destacam-se: vasos múltiplos em cacho (seta) e tangenciais (ponta de seta) (Barra = 100 μ m). B. Ainda no plano transversal destacam-se: vasos solitários (ponta de seta) e radiais (seta) (Barra = 100 μ m). C. Na análise dos elementos vasculares, utilizando a técnica de maceração, destacam-se: vasos sem nenhum apêndice e com placa de perfuração simples (seta) e com apêndice em uma das extremidades (ponta de seta) (Barra = 100 μ m). D. No plano longitudinal radial destacam-se os raios heterocelulares (seta) (Barra = 10 μ m). pc – parênquima axial paratraqueal vasicêntrico e aliforme confluyente formando linhas; rs – raios. Créditos: Adriano Darosci.

Figure 1. Aspects of wood anatomy of *Raulinoa echinata*. A. Apparent in transverse section: multiple and clustered vessels (arrow) and tangential vessels (arrow point) (Bar = 100 μ m). B. Also apparent in transverse section: solitary vessels (arrow point) and radial vessels (arrow) (Bar = 100 μ m). C. In analysis of vessels with the maceration method: vessel without tail and with simple perforation plate (arrow) and vessel with tail (arrow point) (Bar = 100 μ m). D. Longitudinal tangential section shows heterocellular rays (arrow) (Bar = 10 μ m). pc – paratracheal axial parenchyma vasicentric and aliform confluyente in lines; rs – rays. Credits: Adriano Darosci.

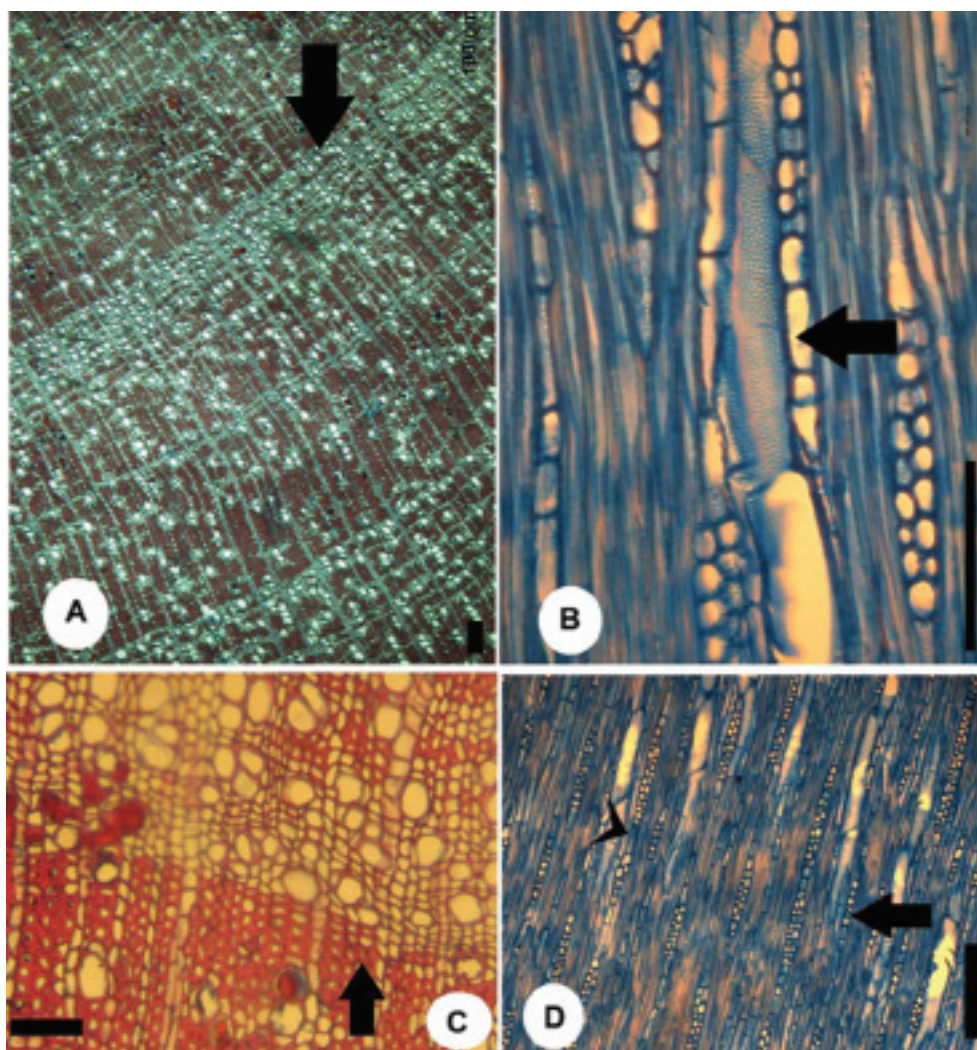


Figura 2. Aspectos anatômicos da madeira de *Raulinoa echinata*. A. No plano transversal: camada de crescimento distinta, demarcada por faixas de parênquima paratraqueal confluyente (seta) (Barra = 100 μ m). B. No plano longitudinal tangencial destacam-se as pontoações intervasculares alternas (seta) (Barra = 100 μ m). C. No plano transversal: detalhe mostrando camada de fibras do lenho tardio achatadas radialmente (seta) (Barra = 100 μ m). D. No plano longitudinal tangencial destacam-se: raios unisseriados (seta) e fusionados (ponta de seta) (Barra = 200 μ m). Créditos: Adriano Darosci.

Figure 2. Aspects of wood anatomy of *Raulinoa echinata*. A. In transverse section: growth ring marked by confluent paratracheal parenchyma in bands (arrow) (Bar = 100 μ m). B. Longitudinal tangential section shows intervascular alternate pits (arrow) (Bar = 100 μ m). C. In transverse section: detail showing radially flattened latewood fibers (arrow) (Bar = 100 μ m). D. Longitudinal tangential section shows uniseriate rays (arrow) and fusiform rays (arrow point) (Bar = 200 μ m). Credits: Adriano Darosci.

Metcalf e Chalk (1957) citam, para Rutaceae, vasos nunca exclusivamente solitários. *R. echinata* enquadra-se nesse padrão, contudo, juntamente com vasos solitários, apresentou vasos múltiplos tangenciais e em cacho, características até então não descritas para a família. Vasos múltiplos tangenciais, assim como fibras septadas e camadas de crescimento distintas são características que, segundo o trabalho de Wheeler et al. (2007), não são comuns para a região do planeta onde se encontra *R. echinata*, determinada por eles como “Temperada da América do Sul”. Características como raios

fusionados e heterocelulares e placa de perfuração praticamente perpendicular ao elemento de vaso, presentes em *R. echinata*, não estão presentes na espécie da mesma família, *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. (Mendes et al., 1999). A presença de canais traumáticos é uma característica comum para o lenho da família Rutaceae (Metcalf e Chalk, 1957), contudo não foram observadas em *R. echinata*.

Os resultados obtidos com a análise quantitativa do lenho de *R. echinata* para as duas amostras, mais próxima ao solo (base) e mais próxima à copa (ápice), estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Características quantitativas do lenho de *Raulinoa echinata* para as duas amostras coletadas, mais próxima ao solo (base) e mais próxima à copa (ápice). Valores médios acompanhados de desvio-padrão. Letras iguais não diferem estatisticamente, segundo o teste t de Student (5%).

Table 1. Quantitative features of *Raulinoa echinata* wood according to the two samples near to the ground (basal) and near to the crown (apical). Mean values are presented with standard deviation. The same letters indicate no statistically significant difference according to the Student's t test (5%).

	Próxima ao solo (base)	Próxima à copa (ápice)
Diâmetro tangencial do lume dos vasos (μm)	19,3 ($\pm 8,24$) ^a	23,418 ($\pm 8,975$) ^b
Comprimento do elemento de vaso (μm)	155,06 ($\pm 37,72$) ^a	179,48 ($\pm 48,44$) ^b
Comprimento do apêndice (μm)	26,3 ($\pm 12,54$) ^a	21,66 ($\pm 8,4$) ^b
Frequência de vasos múltiplos (vasos por mm^2)	15,47 ($\pm 4,11$) ^a	21,17 ($\pm 5,81$) ^b
Frequência total de vasos (vasos por mm^2)	38,62 ($\pm 8,61$) ^a	59,93 ($\pm 12,57$) ^b
Diâmetro das pontoações intervasculares (μm)	2,35 ($\pm 0,82$) ^a	1,65 ($\pm 0,36$) ^b
Diâmetro do lume das fibras (μm)	11,79 ($\pm 3,25$) ^a	12 ($\pm 4,38$) ^a
Comprimento das fibras (μm)	471,33 ($\pm 128,05$) ^a	438,02 ($\pm 100,07$) ^a
Espessura da parede das fibras (μm)	5,27 ($\pm 1,26$) ^a	5,14 ($\pm 1,9$) ^a
Frequência de fibras (fibra por mm^2)	870,2 ($\pm 181,29$) ^a	929,46 ($\pm 173,02$) ^b
Altura do raio (μm)	204,0196 ($\pm 89,38$) ^a	252,387 ($\pm 120,57$) ^b
Largura dos raios (células)	1,73 ($\pm 0,68$) ^a	1,65 ($\pm 0,69$) ^a
Frequência de raios (raios por mm)	7,1 ($\pm 3,07$) ^a	6,26 ($\pm 3,17$) ^b

Fazendo-se uma avaliação dos dados quantitativos obtidos neste estudo, com os apresentados por Metcalfe e Chalk (1957), verifica-se que o comprimento médio das fibras (600 a 1.300 μm), citado para a família, além da largura dos raios (valor mínimo de duas células) e do comprimento do elemento de vaso (valor mínimo de 200 μm), estão acima daqueles citados para a espécie (Tabela 1). Para esses autores, a frequência total de vasos por mm^2 , em Rutaceae, varia, principalmente, entre 8 e 40. Os valores obtidos com *R. echinata* estão próximos ou acima desse valor máximo citado para a família (Tabela 1). Em seu trabalho com espécies de Rutaceae endêmicas da Nova Zelândia, Heenan e Moar (1997) também apresentaram espécies com frequência total de vasos superior àquela citada para esta família: 59 vasos por mm^2 para *Melicope simplex* A. Cunn. e 199 vasos por mm^2 para *Phebalium nudum* Hook.

Algumas características contribuem para o transporte em grande quantidade de água, como distribuição difusa dos vasos (Vieira, 1994) e placas de perfuração simples (Schneider e Carlquist, 1998; Sperry et al., 2006). Em contrapartida, tais características são mais suscetíveis ao embolismo (Jansen et al., 2004; Sperry et al., 2006). Porém, a presença de vasos múltiplos, que frequentemente são observados em espécies de ambiente ripário, tais como as dos gêneros *Betula*, *Alnus*, *Acer*, *Liquidambar* ou *Carpinus*, aumentando a quantidade de água transportada (Hacke e Sperry, 2001), garante rotas alternativas quando o embolismo ocorre (León, 2005; Sperry et al., 2006). Além disso, os vasos se apresentam em grande número e em menor tamanho, em relação ao que já foi citado para as Rutaceae, o que conferiria maior segurança à condutividade hidráulica (Carlquist e Hoekman, 1985; Pinho et al., 1992; Villar-Salvador et al., 1997), já que se tratam de características comuns em espécies de ambientes xéricos (Dickison et al., 1978; Villagra e Juñent, 1997). Outra característica comum em espécies que ocorrem em ambientes xéricos é o comprimento menor da fibra (Dickison et al., 1978), algo que, em relação as Rutaceae, está presente em *R. echinata*.

Assim, de acordo com algumas características encontradas em *R. echinata* e comparadas ao que já foi citado para outras Rutaceae, a espécie apresenta respostas tanto para ambientes

cujas disponibilidade de água e temperatura são altas quanto àqueles que são baixas, tais como: longa camada de fibras achatadas radialmente (Luchi, 2004), vasos múltiplos (Luchi, 2004; León, 2005), placas de perfuração simples (Schneider e Carlquist, 1998), raios menores (Luchi, 2004; Aguilar-Rodríguez et al., 2006), elementos de vaso numerosos (Carlquist e Hoekman, 1985; Pinho et al., 1992; Aguilar-Rodríguez et al., 2006) e curtos (Carlquist e Hoekman, 1985; Heenan e Moar, 1997; León, 2005) e fibras curtas (Vieira, 1994; Luchi, 2004; Aguilar-Rodríguez et al., 2006).

A região Sul do país, onde ocorre *R. echinata*, é caracterizada pelo clima subtropical com estações bem definidas com grande variação térmica ao longo do ano. Além disso, o ambiente de mata ciliar, quando se apresenta rochoso, como no caso daquele onde se encontra *R. echinata*, pode fornecer tanto alta quanto baixa quantidade de água, devido às épocas de cheia e vazante e ao fato de as espécies manterem suas raízes sobre e entre as rochas, tendo à disposição pouca água nesse substrato. No entanto, fatores ambientais não são os únicos responsáveis por variações anatômicas do lenho, visto que, o comprimento dos elementos de vaso pode estar relacionado com a quantidade de elementos de vaso por mm^2 (Joshi, 2000) ou com a presença de porosidade difusa (Villar-Salvador et al., 1997) ou ainda com o diâmetro dos vasos (Villagra e Juñent, 1997; Sperry et al., 2006).

Muitas características anatômicas de *R. echinata*, quando analisadas quantitativamente, diferiram de acordo com as distâncias das amostras coletadas em relação ao solo (Tabela 1). Contudo, o comprimento das fibras, o diâmetro do lume das fibras a espessura da parede das fibras não apresentaram diferenças significativas (Tabela 1). Em outras espécies, analisando também amostras de duas alturas diferentes do caule, o mesmo ocorreu quanto ao comprimento das fibras, segundo os estudos de Lei et al. (1996) e Urbinati et al. (2003), e quanto à espessura da parede das fibras, segundo os estudos de Urbinati et al. (2003) e Rocha et al. (2004). Porém, também em outras espécies, diâmetros maiores para o lume já foram observados na região próxima ao solo (Tomazello Filho, 1985; Rocha et al., 2004).

Em *R. echinata*, a amostra coletada próximo à copa foi a que apresentou a maior quantidade de elementos de vaso por mm² (Tabela 1), fato que já foi observado com outras espécies (Silva, 1992; Bernal-Salazar e Terrazas, 2005). Além disso, ao longo do caule, em geral, ocorre transporte basípeto de auxina e, assim, frequentemente se observa maior número de vasos no ápice, próximo à copa (Urbinati et al., 2003).

Para Hacke e Sperry (2001) e para Sperry et al. (2006), a fim de aumentar a capacidade de condução de água, os vasos, nas regiões basais do caule, podem ser maiores, visto que nestas regiões, onde a pressão negativa do xilema é menor, a cavitação é mais rara. Contudo, em *R. echinata*, a região apical foi aquela que apresentou os maiores vasos, tanto em diâmetro quanto em comprimento (Tabela 1). As espécies *Acer pseudoplatanus* L. (Dodd, 1984), *Prosopis alpacato* Phil. e *P. argentina* Burk. (Villagra e Juñent, 1997) também apresentaram vasos de diâmetro maior na região mais próxima à copa. A região apical apresentou, ainda, maior quantidade de fibras (Tabela 1), o que pode se tratar de uma estratégia para evitar a cavitação, suportando a pressão negativa do xilema que nessa região é maior (Hacke e Sperry, 2001; Sperry et al., 2006).

Já a altura dos raios, em *R. echinata*, foi maior na amostra do caule próxima à copa (Tabela 1). Geralmente, um maior tamanho dos raios garante maior resistência a tensões, evitando, assim, fissuras e quebras na madeira (Burgert e Eckstein, 2000), algo muito útil para a espécie, considerando que os caules mais próximos à copa, na vegetação ciliar, sofrem com as fortes correntezas dos rios quando estes estão acima do seu leito normal (época de cheias), muitas vezes ocasionando fissuras e quebras.

Dessa maneira, as características anatômicas do lenho de *R. echinata* apresentaram contribuições para a taxonomia da família Rutaceae e respostas consideráveis às diferentes regiões do caule. Além disso, essas características podem, também, ser interpretadas como resposta ao ambiente onde a espécie ocorre, considerando que esse ambiente apresenta grande variação térmica e

de disponibilidade hídrica, devido à sazonalidade e ao regime de cheias e vazantes, respectivamente.

A relação entre as características presentes em *R. echinata* e o ambiente reofítico adverso onde ela ocorre foi analisada, também, nos trabalhos de Arioli et al. (2008), onde foi encontrado alguns metabólitos de reserva na folha da espécie, de Darosci e Paulilo (2011), que identificaram a plântula da espécie como cripto-hipógeo-reserva, e de Darosci e Uhlmann (2012), que demonstraram a água como um fator não decisivo no desenvolvimento de estacas da espécie. Contudo, outros estudos são recomendados para evidenciar melhor a relação dessa espécie com o ambiente, buscando caracterizar outras estruturas e comportamentos da espécie e as peculiaridades do ambiente reofítico, haja vista, também, a grande carência de estudos sobre essa espécie e sobre esse ambiente.

4 AGRADECIMENTOS

Aos professores, João de Deus Medeiros e Marisa Santos, pelas contribuições na identificação das estruturas anatômicas da espécie *R. echinata*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR-RODRÍGUEZ, S.; TERRAZAS, T.; LÓPEZ-MATA, L. Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in Mexico. **Trees**, v. 20, p. 253-261, 2006.
- ARIOLI, T.; VOLTOLINI, C.H.; SANTOS, M. Morfoanatomia foliar da reófita *Raulinoa echinata* R.S.Cowan – Rutaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 723-732, 2008.
- BARBERIS, G.; CASAZZA, G.; MINUTO, L. Ecological characteristics and rarity of endemic plants of the Italian Maritime Alps. **Biological Conservation**, v. 123, p. 361-371, 2005.
- BERNAL-SALAZAR, S.; TERRAZAS, T. Wood anatomical variation of *Neobuxbaumia tetetzo*: a columnar Cactaceae. **Journal of Arid Environments**, v. 63, p. 671-685, 2005.

- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.
- BLOM, C.W.P.M.; VOESENEK, L.A.C.J. Flooding: the survival strategies of plants. **Trees**, v. 11, n. 7, p. 290-295, 1996.
- BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology, and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Journal**, v. 20, n. 3, p. 239-247, 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa de setembro de 2008. Anexo I: Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/83_19092008034949.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2010.
- BURGERT, I.; ECKSTEIN, D. Does the ray tissue contribute to the biomechanics of living trees? In: KIM, Y.S. (Ed.). **New horizons in wood anatomy**. Kwangju: Chonnam National University Press, 2007. p. 123-127.
- CARLQUIST, S. Wood anatomy of the endemic woody Asteraceae of St Helena I: phyletic and ecological aspects. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 137, p. 197-210, 2001.
- _____.; HOEKMAN, D.A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. **IAWA Bulletin**, v. 6, n. 4, p. 319-347, 1985.
- CHALK, L. The effects of ecological conditions on wood anatomy. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1983. p. 152-156.
- COWAN R.S.; SMITH L.B. Rutáceas. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 1973. p. 48-51.
- DAROSCI, A.A.; PAULILO, M.T.S. Ecophysiological aspects of the seed and seedling of *Raulinoa echinata* (Rutaceae), a species endemic to the riparian forests of Itajaí valley, SC, Brazil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 273-281, 2011.
- DAROSCI, A.A.; UHLMANN, A. Desenvolvimento de estacas de *Raulinoa echinata* R.S.Cowan, espécie endêmica do Vale do Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 79-90, 2012.
- DICKISON, W.C.; RURY, P.M.; STEBBINS, G.L. Xylem anatomy of *Hibbertia* (Dilleniaceae) in relation to ecology and evolution. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 59, p. 32-49, 1978.
- DODD, R.S. Radial and tangential diameter variation of wood cells within trees of *Acer pseudoplatanus*. **IAWA Bulletin**, v. 5, p. 253-257, 1984.
- HACKE, U.G.; SPERRY, J.S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 4, n. 2, p. 97-115, 2001.
- HEENAN, P.B.; MOAR, N.T. Wood anatomy of the dicotyledons indigenous to New Zealand. 26. Rutaceae. **New Zealand Journal of Botany**, v. 35, p. 229-242, 1997.
- HERENDEEN, P.S.; MILLER, R.B. Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. **IAWA Journal**, v. 21, n. 3, p. 247-276, 2000.
- IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 10, p. 219-332, 1989.
- JANSEN, S. et al. Variation in xylem structure from tropics to tundra: evidence from vestured pits. **PNAS**, v. 101, n. 23, p. 8833-8837, 2004.
- JOSHI, L. Ecological wood anatomy of *Alnus nepalensis* (Betulaceae) in central Nepal. In: KIM, Y.S. (Ed.). **New horizons in wood anatomy**. Kwangju: Chonnam National University Press, 2000. p. 288-295.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997. 198 p.
- LEI, H.; MILOTA, M.R.; GARTNER, B.L. Between – and within – tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in oregon white oak (*Quercus garryana* Dougl.). **IAWA Journal**, v. 17, n. 4, p. 445-461, 1996.

LEÓN, H.W.J. Anatomía ecológica de xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. **Acta Botánica Venezuelica**, v. 28, n. 2, p. 257-274, 2005.

LUCHI, A.E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.

MÉDAIL, F.; VERLAQUE, R. Ecological characteristics and rarity of endemic plants from southeast France and Corsica: implications for biodiversity conservation. **Biological Conservation**, v. 80, p. 269-281, 1997.

MENDES, L.M. et al. Anatomia e características físico-químicas da madeira de *Zanthoxylum tingoassuiba* St. Hil. de ocorrência na região de Lavras/MG. **CERNE**, v. 5, n. 1, p. 15-25, 1999.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. London: Oxford University Press, 1957. v. 1, p. 305-316.

NOSHIRO, S.; SUZUKI, M. Ecological wood anatomy of nepalese *Rhododendron* (Ericaceae). 2. Intraspecific variation. **Journal of Plant Research**, v. 108, p. 217-233, 1995.

PAIVA, J.G.A. et al. Verniz vitral incolor 500®: uma alternativa de meio de montagem economicamente viável. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 257-264, 2006.

PINHO, R.A.; MAZZONI-VIVEIROS, S.C.; SAJO, M.G. Contribuição ao estudo anatômico do lenho de árvores da flora dos cerrados IV. São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v. 19, n. 1/2, p. 171-183, 1992.

RIBEIRO, M.L.R.C.; BARROS, C.F. Variação intraspecífica do lenho de *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) G.P. Lewis & M.P. Lima (Leguminosae – Mimosoideae) de populações ocorrentes em dois remanescentes de Floresta Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 839-844, 2006.

ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. **Rev. Inst. Flor.**, v. 16, n. 1, p. 43-45, 2004.

SCHNEIDER, E.L.; CARLQUIST, S. Origin and nature of vessels in monocotyledons. 4. Araceae subfamily Philodendroideae. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 125, n. 4, p. 253-260, 1998.

SILVA, C.A. Variação dimensional dos elementos xilêmicos em duas espécies madeireiras da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 22, p. 261-274, 1992.

SIMON, M.F.; AMARAL, M.F. *Mimosa splendida* Barneby (Mimosoideae, Leguminosae) rediscovered in Central Brazil: preliminary studies for conservation of a rare species. **Revista Brasileira Botânica**, v. 26, n. 1, p. 93-96, 2003.

SPERRY, J.S.; HACKE, U.G.; PITTERMANN, J. Size and function in conifer tracheids and angiosperm vessels. **American Journal of Botany**, v. 93, n. 10, p. 1490-1500, 2006.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, v. 29, p. 37-45, 1985.

URBINATI, C.V. et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 3, p. 1-25, 2003.

VIEIRA, R.C. Estrutura do caule de *Bauhinia radiata* Vell. em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 2, p. 293-310, 1994.

VILLAGRA, P.E.; JUÑENT, F.A.R. Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. **IAWA Journal**, v. 18, n. 1, p. 37-51, 1997.

DAROSCI, A.A.; PAULILO, M.T.S. Anatomia do lenho de *Raulinoa echinata*

VILLAR-SALVADOR, P. et al. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. **Trees**, v. 12, p. 90-96, 1997.

WHEELER, E.A.; BASS, P.; RODJal analysis based on the insidewood database. **IAWA Journal**, v. 28, n. 3, p. 229-258, 2007.

**SEED REMOVAL IN AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT
AND A RESTORATION SITE IN SOUTHERN BRAZIL¹**

**REMOÇÃO DE SEMENTES EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL
E EM UM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO NO SUL DO BRASIL**

Roberta Thays dos Santos CURY²; Carolina Yumi SHIMAMOTO^{2,3};
Fernanda Fernandes Cordeiro de LIMA^{2,3}; José Marcelo Domingues TOREZAN^{2,4}

ABSTRACT – In ecological restoration, the loss of seeds can be a major constraint to the establishment of seedlings and thus for the continuity of the forest succession process. The aim of this study was to evaluate the removal/predation of seeds in an area being restored (6.5 years old). We introduced seeds of six native tree species (five non-pioneers and one pioneer) into the restoration site, and also in an adjacent forest fragment, used as a control. Seed removal was greater in the forest fragment (56%) than in the restoration site (16%) for the whole set of species analyzed, and was more frequent during the first 15 days after exposure. In the forest fragment, four of the six species had more than 65% of their seeds removed. In the restoration site, seed removal did not surpass 40% for a single species and was lower than 5% for two species. The proportion of damaged seeds did not differ between environments (3.6% in the native forest and 7.6% in the area being restored). Our results indicate that post-dispersal seed removal is not a barrier to the establishment of tree species in the restoration site, suggesting that the secondary succession can be constrained by factors related to seed germination and/or seedling establishment.

Keywords: ecological restoration; late succession species; limiting factors; seedling recruitment; seed predation.

RESUMO – Na restauração ecológica, a falta de sementes pode representar a maior barreira para os processos de regeneração natural e, assim, comprometer a continuidade dos processos sucessionais. O objetivo deste estudo foi avaliar a remoção/predação de sementes em uma área em restauração, aos seis anos e meio após o plantio de espécies arbóreas nativas. Introduzimos sementes de seis espécies arbóreas nativas (cinco não pioneiras e uma pioneira) na área em restauração e em um fragmento de floresta adjacente, utilizado como controle. A remoção de sementes foi maior na floresta nativa (56%) do que na área em restauração (16%) para o conjunto das espécies analisadas, sendo maior nos primeiros 15 dias de exposição. Na área em restauração, nenhuma espécie apresentou mais de 40% de remoção e duas espécies apresentaram menos de 5%. A proporção de sementes danificadas não diferiu entre os ambientes (3,5% no fragmento florestal e 7,6% no reflorestamento). Nossos resultados indicam que a remoção de sementes pós-dispersão não é uma barreira para a regeneração de espécies arbóreas na floresta em restauração. Fatores relacionados com as condições para germinação de sementes e/ou o estabelecimento das plântulas podem estar limitando a sucessão secundária.

Palavras-chave: restauração ecológica; espécies tardias; fatores limitantes; recrutamento de plântulas; predação de sementes.

¹Recebido para análise em 21.09.12. Aceito para publicação em 24.04.13.

²Universidade Estadual de Londrina – UEL, Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas – Labre, Biologia Animal e Vegetal – BAV, Centro de Ciências Biológicas – CCB, Campus Universitário, Caixa Postal 10011, 86057-970 Londrina, PR, Brasil.

³Universidade Federal do Paraná – UFPR, Laboratório de Ecologia Vegetal, Departamento de Botânica – Setor de Ciências Biológicas, Caixa Postal 19031, 81531-980 Curitiba, PR, Brasil.

⁴Autor para correspondência: José Marcelo Domingues Torezan – torezan@uel.br

1 INTRODUCTION

Planting trees can facilitate forest succession on degraded environments through changes in microclimate, soil conditions and by improving structure and functionality of the ecosystem (Parrotta et al., 1997; Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group – SER, 2004), thereby promoting seed germination and seedling establishment and growth (Guariguata and Ostertag, 2001). However, abiotic and biotic barriers may slow or even impede natural regeneration (Aide and Cavelier, 1994; Nepstad et al., 1996; Holl and Lulow, 1997; Medina, 1998; Benítez-Malvido and Lemus-Albor, 2005; Vander-Wall et al., 2005) especially in early restoration sites.

Many studies pointed that seed predation is a process of interspecific interaction that can influence the composition and structure of plant communities (e.g., Holl and Lulow, 1997; Doust, 2011). Seed predation is responsible for the high mortality rate of seeds in some species (Wenny, 2000; Garcia-Orth and Martínez-Ramos, 2008; Jones et al., 2008; Doust, 2011), mainly in the tropics, where most of the seeds are eaten by rodent predators (Cole, 2009; Vélez-García and Pérez-Torres, 2010), which affects germination and seedling establishment (Molofsky and Fisher, 1993; Wenny, 2000; Jones et al., 2008).

Studies have shown that rates of seed predation may be modified when forests are altered (Aide and Cavelier, 1994; Nepstad et al., 1996; Wijdeven and Kuze, 2000; Baldissera and Ganade, 2005). Garwood (1989) suggested that the period that seeds remain in the soil is determined by the physiological properties of the seeds, environmental conditions, and the presence of predators and/or pathogens. Additionally, the seeds are more vulnerable to predation at sites with less litter, which are associated with changes in seed germination and seedling establishment, the microclimate, and the time of exposure to seed predators (Cintra, 1997). Potential predators of seeds that are characteristic of altered vegetation can invade forest edges and tree plantations (Olifiers et al., 2005). Other studies have found that seed predation by invertebrates, particularly ants, causes reduction in amount of availability of seeds for regeneration in tropical environments (Nepstad et al., 1996; Holl and Lulow, 1997).

Limited food and seed rain in successional environments may also increase pressure on the propagules, resulting in greater mortality than in mature forests (Dirzo and Miranda, 1990).

Thus, seed predation may act as an ecological constraint to natural regeneration also in restored ecosystems and, in this context, the present study aimed to investigate if post-dispersal seed predation, as inferred by seed removal, can act as a barrier for natural regeneration of arboreal species in Atlantic Forest restoration sites. To achieve this, differences in seed predation rates between an restoration site and a native forest fragment used as reference were compared. Our main hypothesis was that seed predation in the restoration site would be higher than that in the forest fragment.

2 METHODS

2.1 Study Site

The study site is located at “Fazenda Congonhas” (22°59'S and 50°56'W; Figure 1) north of the Paraná state, southern Brazil. The restoration site occupies a riparian area of 11.8 ha, and the control site is an adjacent forest fragment covering 107.8 ha, both along the margins of Tibagi river. The forest fragment is a remnant of Seasonal Semi-deciduous Atlantic forest, surrounded by agriculture.

The restoration was done by planting seedlings of 25 native tree species in 2 x 3 m spacing. A high density (83%) of seedlings from pioneer and early successional species was used in order to provide early shade and suppress exotic grasses. The soil preparation was mechanized, without the addition of fertilizers and the weed control were done by manual and mechanized weeding for two years, without using herbicides. After five years, the restoration site was an open forest structure, with high litter mass, 73% of the forest basal area and 89% of forest canopy cover (Table 1). However, juvenile density (590 ind.ha⁻¹, from 10 cm to 1 m in height) was still low when compared to other restoration sites (Dias, 2011).

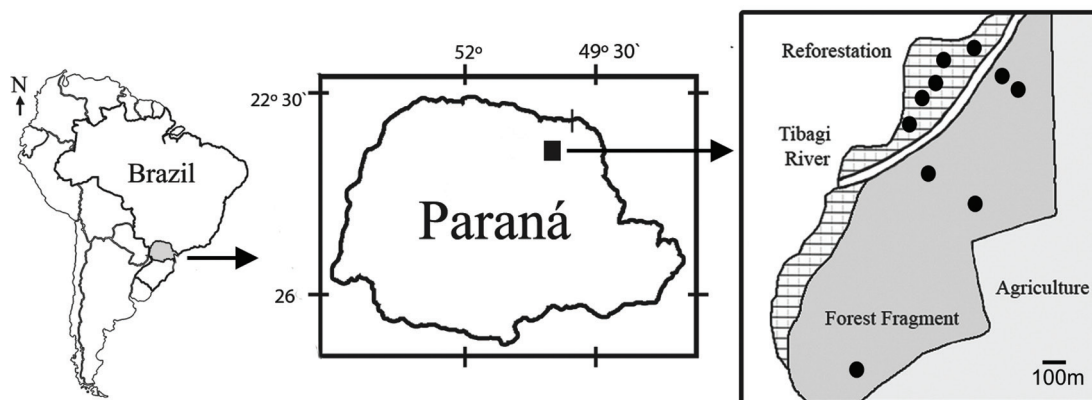


Figure 1. The study sites in the northern Paraná state, southern Brazil. In the right box the portion in gray indicates the forest fragment (107.8 ha) and the dashed area indicates the restoration site (11.8 ha). The black dots indicate the replicates of the seed removal experiment.

Figura 1. Locais do estudo no norte do Estado do Paraná, Sul do Brasil. Na caixa à direita, a porção em cinza corresponde ao fragmento florestal (107,8 ha), e a área hachurada, à área em restauração (11,8 ha). Os pontos pretos apontam a localização das réplicas do experimento de remoção de sementes.

Table 1. Features of the native forest fragment and the restoration site in the northern Paraná state, southern Brazil. Data was gathered by Suganuma (2008) five years after the seedlings were planted in the restoration site, and one year before the seed removal experiment assembly.

Tabela 1. Características do fragmento de floresta nativa e do reflorestamento com espécies nativas no norte do Estado do Paraná, Sul do Brasil. Os dados foram coletados por Suganuma (2008) cinco anos após o plantio das mudas no reflorestamento e um ano antes da montagem do experimento de remoção de sementes.

Study sites	Native Forest	Restoration site
Litter mass ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	5.1	7.2
Basal area ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	33.6	24.5
Canopy tree height (m)	~15	~10
Canopy cover (%)	94	84
Grass cover (%)	—	9%

According to Köppen's climatic classification system, the region has a Cfa humid subtropical climate, with hot and humid summers (23.8 °C average temperature and 194.6 mm average rainfall in January), and a winter with less rain and sporadic frosts (16.8 °C average temperature and 95.9 mm average rainfall in July). Average annual rainfall is 1,600 mm (Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR, 2000; 2011). The soil is a Eutroferic Red Latosol, originated from basaltic rock (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2011).

2.2 Experimental Design

In the year 2008 (6.5 years after planting), we examined seed removal and seed damage as a surrogate for seed predation in the study sites. Six species were studied, all native to the region: *Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart. (Loganiaceae), *Ocotea silvestris* Vattimo (Lauraceae), *Poecilanthe parviflora* Benth. (Fabaceae-Papilionoideae), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae-Caesalpinoideae), *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae) and *Cytharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae). Most species are animal-dispersed (except *P. parviflora*, which is wind-dispersed) and non-pioneer shade-tolerant (except *C. myrianthum*, which is pioneer). Seeds were collected in the region, washed in water and dried in the shade to remove the aril, except for *P. parviflora*, which only required drying.

We used 500 seeds for each species, divided among five plots in the area being restored and five in the native forest ($n = 5$). Each plot contained 50 seeds, distributed in a 50 x 50 cm area. All plots were placed on flat terrain and delimited by bamboo stakes. In the forest fragment, the plots were located at 150 m from the forest edge. The seeds were randomly deposited in the soil surface, and mixed with the litter. Seeds were monitored at 15 dayintervals during 60 days.

At each monitoring period, both the seeds and the litter were transferred manually to a plastic tray. The bare soil, as well as the material in the tray were screened. Intact and damaged seeds were recorded, and all the material (seeds and litter) was returned to the plot. Seeds not found were considered removed on the plot. Evident damages to the seeds (e.g., parts of seeds in nests, bored and gnawed seeds, presence of pathogens) were recorded.

The non-parametric Mann-Whitney U test ($\alpha = 0.05$) was used for detecting differences in damage and removal of seeds between sites and among species.

3 RESULTS

Seed removal, from the whole set of species, was higher in the native forest (56%) than in the restoration site (16%; Mann-Whitney U statistic = 164.5, $p < 0.001$) and was more frequent during the first 15 days, decreasing after that (Table 2).

A colony of leaf-cutter ants (*Atta* sp.) surged near a plot in the restoration site, but the exclusion of this plot from the analysis did not affect the overall seed removal rate (56.4% in the native forest and 6.4% in the restoration site; Mann-Whitney U statistic = 77, $p < 0.001$). However, such exclusion resulted in near 10% less seeds removed in the restoration site and an increase from two to four species showing significantly higher seed removal in the forest fragment (Table 3).

The percentage of damaged seeds were low and did not differ between sites (3.6% in the forest fragment and 7.6% in the reforestation site) for whole set of species. However, *Ocotea silvestris* and *Copaifera langsdorffii* showed more damage in the reforestation site (4.8% and 5.2%, respectively) than in the native forest (0% and 0%, respectively).

Table 2. Percentage of seeds removed in the first 60 days after disposal in a native forest (NF) and a restoration site (R), northern Paraná state, southern Brazil. Bold numbers indicate differences of seed removal between native forest and restoration site by species (Mann-Whitney U test, $\alpha = 0.05$).

Tabela 2. Porcentagem de remoção de sementes durante os primeiros 60 dias de exposição em uma floresta nativa (NF) e uma área em restauração (R), norte do estado do Paraná, Sul do Brasil. Números em negrito indicam diferenças na remoção de sementes entre a floresta nativa e a área em restauração por espécie (Mann-Whitney U test, $\alpha = 0.05$).

Species	15 days			30 days			45 days			60 days		
	NF	R	<i>p</i>	NF	R	<i>p</i>	NF	R	<i>p</i>	NF	R	<i>p</i>
<i>Strychnos brasiliensis</i>	5.6	0.4	0.060	0.8	0.4	0.916	1.2	0	0.060	0.4	3.2	0.754
<i>Ocotea silvestris</i>	81.2	1.2	0.009	14.4	0.0	0.117	0.8	0	0.009	0	0	0.117
<i>Poecilanthe parviflora</i>	63.6	21.2	0.117	11.2	1.6	0.117	4.4	6.8	0.117	3.2	9.2	0.528
<i>Copaifera langsdorffii</i>	59.6	2.4	0.016	3.6	0.4	0.464	0.4	4.8	0.016	3.6	10.8	0.754
<i>Eugenia florida</i>	32.4	12	0.210	9.2	0.8	0.53	2	0	0.09	25.6	3.2	0.250
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	7.6	15.2	0.296	0	1.2	0.117	1.2	0.4	0.347	3.2	0.4	0.250

Table 3. Percentage of seeds removed in a native forest (NF) and a restoration site (R) for whole set of seeds after 60 days with all replicates ($n = 5$) and excluding a plot near leaf-cutter ants ($n = 4$) in northern Paraná, southern Brazil. Bold numbers indicate differences in seed removal between NF and R by species (Mann-Whitney U test, $\alpha = 0.05$).

Tabela 3. Porcentagem de sementes removidas em floresta nativa (NF) e um plantio de restauração (R) para o conjunto das sementes após 60 dias ($n = 5$) e na exclusão da parcela próxima da colônia de formigas ($n = 4$), norte do estado do Paraná, Sul do Brasil. Números em negrito indicam diferenças na remoção de sementes entre NF e R por espécie (Mann-Whitney U test, $\alpha = 0.05$).

Species	Removed ($n = 5$)			Removed ($n = 4$)			Damages		
	NF (%)	R (%)	<i>p</i>	NF (%)	R (%)	<i>p</i>	NF (%)	R (%)	<i>p</i>
<i>Strychnos brasiliensis</i>	8.4	4.0	0.251	7.5	5.0	0.470	4.8	0.8	0.144
<i>Ocotea silvestris</i>	96.4	1.2	0.009	95.5	1.5	0.021	0.0	4.8	0.037
<i>Poecilanthe parviflora</i>	82.4	38.8	0.144	80.0	23.5	0.043	14.8	34.4	0.251
<i>Copaifera langsdorffii</i>	67.2	18.4	0.060	68.5	1.5	0.030	0.8	5.2	0.016
<i>Eugenia florida</i>	69.2	16.0	0.022	74.0	5.5	0.021	1.2	0.8	0.465
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	12.0	17.2	0.403	13.0	3.0	0.194	0.0	0.0	1.000

Four species had more than 65% of their seeds removed in the forest fragment after 60 days: *Ocotea silvestris*, *Poecilanthe parviflora*, *Copaifera langsdorffii* and *Eugenia florida*, showed higher removal rates than *Strychnos brasiliensis* and *Cytharexylum myrianthum*.

In the restoration site, the removal rate of seeds of *P. parviflora* was higher than that of *S. brasiliensis* and *O. silvestris* (Figure 2). However, the remaining seeds of *O. silvestris* in the restoration site appeared to be dehydrated and thus non-viable.

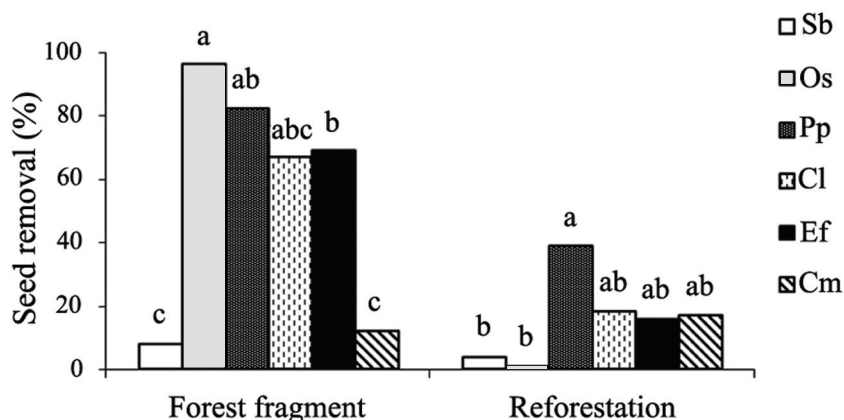


Figure 2. Percentage of seeds of *Strychnos brasiliensis* (Sb), *Ocotea silvestris* (Os), *Poecilanthe parviflora* (Pp), *Copaifera langsdorffii* (Cl), *Eugenia florida* (Ef), and *Cytharexylum myrianthum* (Cm) removed from a restoration site and a native forest, northern Paraná state, southern Brazil. Species followed by the same letter in each treatment do not differ in seed removal rate by site (Mann-Whitney U test, $\alpha = 0.05$).

Figura 2. Porcentagem de sementes de *Strychnos brasiliensis* (Sb), *Ocotea silvestris* (Os), *Poecilanthe parviflora* (Pp), *Copaifera langsdorffii* (Cl), *Eugenia florida* (Ef) e *Cytharexylum myrianthum* (Cm) removidas em uma floresta em restauração e em floresta nativa, norte do Estado do Paraná, Sul do Brasil. As espécies seguidas da mesma letra não diferem entre si em taxa de remoção por área (Mann-Whitney U teste, $\alpha = 0.05$).

4 DISCUSSION

Seed removal rate varied in response to habitat, but our hypothesis was rejected, with higher seed removal in the forest fragment than in the restoration site. In spite of the restoration site presents lower density of regeneration plants, the proximate cause for this shall not be seed predation, and thus the possible presence of disturbance-adapted seed predators in the restoration site, as suggested by Olifiers et al. (2005) findings, did not showed to be important in our study site.

On the other hand, high levels of seed removal in forest interiors than edge sites have previously been reported (Holl and Lulow, 1997; Baldissera and Ganade, 2005; Vélez-Garcia and Pérez-Torres, 2010). These later authors suggests the existence of some open-vegetation avoidance by rodents, which could help to explain our results. Thus, the lower seed removal rate that we observed in the restoration site may be a pattern typical of forest edges and secondary forests, especially during the day and in open canopy sites, indicative of lower activity of small vertebrates in these areas (Nepstad et al., 1996; Cintra, 1997; Vélez-Garcia and Pérez-Torres, 2010).

Other studies have also reported a higher seed removal rate in the first days of exposure. Holl and Lulow (1997) recorded 63% removal during the first 30 days, with 11% occurring in the first 24 hours. Wenny (2000) reported nearly 100% removal of *O. endresiana* seeds in the first 20 days, highlighting the advantages of early germination to escape from seed predation.

While removed seeds may be secondarily dispersed and not always predated (Vander-Wall et al., 2005), our field observations suggest that removed seeds are eaten after removed, similar to the reported by Wenny (2000). Other studies have identified ants as important seed predators in mature and early successional forests (Nepstad et al., 1996; Holl and Lulow, 1997; Garcia-Orth and Martinez-Ramos, 2008) and in our study, leaf-cutting ants are important in damage, fragment and remove seeds in the restoration site, suggesting that the management of leaf-cutting ants in ecological restoration may be a critical issue. For some tree species, however, partial damage is not necessarily lethal to the seed, possibly because such damage occurs without causing harm to the embryo (Vallejo-Marín et al., 2006).

The high density of seeds used in this experiment may have enhanced density-dependent predation. However, even that an experimental design with seeds in lower densities or distributed individually may result in lower removal rates, the density-dependent effect likely was similar in both of our sites. Nonetheless, our findings clearly show that post-dispersal seed removal is very low in restoration sites, suggesting that seed removal/predation is not a barrier to the natural regeneration of tree species in these areas.

5 ACKNOWLEDGMENTS

We thank Odair do Carmo Pavão, Edson Mendes Francisco, and all students of LABRE-UEL for their help with the fieldwork, Alba Lucia Cavalheiro and Marcio S. Sukanuma for their help with the text revision, and Nicole M. S. Cury for editing the images. Giselda Durigan and José Antonio Pimenta contributed with helpful remarks to an early version of this manuscript. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (research grant #313854-2009-2 to JMDT and project 475376/2006-4), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, and Fundação Araucária provided research funds.

REFERENCES

- AIDE, T.M.; CAVELIER, J. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. **Restoration Ecology**, v. 2, n. 4, p. 219-229, 1994.
- BALDISSERA, R.; GANADE, G. Predação de sementes ao longo de uma borda de floresta Ombrófila Mista e pastagem. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 1, p. 161-165, 2005.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J.; LEMUS-ALBOR, A. The seedling community of Tropical Rain Forest edges and its interaction with herbivores and pathogens. **Biotropica**, v. 37, n. 2, p. 301-313, 2005.
- CINTRA, R. Leaf litter effects on seed and seedling predation of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume tree *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, p. 709-725, 1997.
- COLE, R.J. Postdispersal seed fate of tropical montane trees in an Agricultural Landscape, Southern Costa Rica. **Biotropica**, v. 41, n. 3, p. 319-327, 2009.
- DIAS, J. **Espécies invasoras em sítio de restauração florestal de floresta estacional**. 2011. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- DIRZO, R.; MIRANDA, A. Contemporary Neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity: a sequel to John Terborgh. **Conservation Biology**, v. 4, n. 4, p. 444-447, 1990.
- DOUST, S.J. Seed removal and predation as factors affecting seed availability of tree species in degraded habitats and restoration plantings in Rainforest areas of Queensland, Australia. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 5, p. 617-626, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **O novo mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Available in: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2012/marco/4a-semana/embrapa-lanca-versao-atualizada-do-mapa-de-solos-do-brasil/image/image_view_fullscreen>. Accessed on: 12 Apr. 2012.

GARCIA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Seed dynamics of early and late successional tree species in tropical abandoned pastures: seed burial as a way of evading predation. **Restoration Ecology**, v. 16, n. 3, p. 435-443, 2008.

GARWOOD, N.C. Tropical soil seed banks: a review. In: LECK, M.A.; PARKER, T.V.; SIMPSON, R.L. (Ed.). **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic Press, 1989. p. 149-209.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.

HOLL, K.D.; LULOW, M.E. Effects of species, habitat, and distance for edge on post-dispersal seed predation in a tropical rain forest. **Biotropica**, v. 29, n. 4, p. 459-468, 1997.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. 2000. Available in: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>>. Accessed on: 6 Feb. 2013.

_____. **Agrometeorologia**. 2011. Available in: <<http://www.iapar.br/modules/-conteudo/conteudo.php?conteudo=1647>>. Accessed on: 11 Apr. 2012.

JONES, E.R. et. al. Differential effects of mammalian seed predators on the regeneration of five Papua New Guinean tree species and implications for sapling recruitment. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, p. 259-267, 2008.

MEDINA, E. Seedling establishment and endurance in tropical forest: ecophysiology of stress during early stages of growth. In: SCARANO, F.R.; FRANCO, A.C. (Ed). **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998. v. 4, p. 23-43. (Series Oecologia Brasiliensis).

MOLOFSKY, J.; FISHER, B. L. Habitat and predation effects on seedling survival and growth in shade-tolerant tropical trees. **Ecology**, v. 74, n. 1, p. 261-265, 1993.

NEPSTAD, D.C. et al. A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. **Oikos**, v. 76, n. 1, p. 25-39, 1996.

OLIFIERS, N.; GENTILE, R.; FISZON, T.J. Relation between small-mammal species composition and anthropic variables in the Brazilian Atlantic Forest. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 3, p. 495-501, 2005.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forestry Ecology and Management**, v. 99, p. 1-7, 1997.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP – SER. **The SER primer in ecological restoration, Version 2**. 2004. Available in: <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>>. Accessed on: 29 Sept. 2012.

SUGANUMA, M.S. **Avaliação de sucesso da restauração florestal baseada em estrutura florestal e processos do ecossistema**. 2008. 94 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

VALLEJO-MARÍN, M.; DOMÍNGUEZ, C.A.; DIRZO, R. Simulated seed predation reveals a variety of germination responses of neotropical rain forest species. **American Journal of Botany**, v. 93, n. 3, p. 369-376, 2006.

VANDER-WALL, S.B.; KUHN, K.M.; BACK, M.J. Seed removal, seed predation, and secondary dispersal. **Ecology**, v. 86, n. 3, p. 801-806, 2005.

VÉLEZ-GARCIA, F.; PÉREZ-TORRES, J. Seed removal by rodents in a fragment of dry tropical forest (Risaralda-Colombia). **Revista Mvz Cordoba**, v. 15, n. 3, p. 2223-2233, 2010.

CURY, R.T.S. et al. Seed removal in a restoration site

WENNY, D.G. Seed dispersal, seed predation, and seedling recruitment of neotropical montane tree. **Ecological Monographs**, v. 70, n. 2, p. 331-351, 2000.

WIJDEVEN, S.M.J.; KUZEE, M.E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 414-424, 2000.

SILVICULTURA DE PRECISÃO: APLICAÇÕES E IMPLICAÇÕES¹

PRECISION FORESTRY: APPLICATIONS AND IMPLICATIONS

Aurino MIRANDA NETO^{2,3}; Wanuza Helena CAMPOS²;
Kelly de Almeida SILVA²; Andressa Mineti do ROSÁRIO²; Elias SILVA²

RESUMO – O gerenciamento de florestas implantadas baseado na silvicultura de precisão facilita a tomada de decisão, pois oferece maior disponibilidade de informações que visam à redução de perdas, aumento do lucro e manutenção da qualidade do ambiente. A silvicultura de precisão é fundamental no alcance de maior eficiência no uso de recursos edáficos, hídricos e biológicos, bem como a utilização de serviços e insumos. Esta revisão relata a utilização da silvicultura de precisão no setor florestal, com destaque para suas diversas aplicações e suas consequências.

Palavras-chave: florestas implantadas; geoprocessamento; produção florestal.

ABSTRACT – The management of forests implanted based on precision forestry facilitates decision-making because it offers greater availability of information designed to reduce losses, increase profits and maintenance of environmental quality. The precision forestry is essential to achieve greater efficiency in use of edaphic, water and biological resources, and the use of services and inputs. This review reports the use of precision forestry in the forestry sector, highlighting its various applications and consequences.

Keywords: implanted forest; geoprocessing; forestry production.

¹Recebido para análise em 14.12.12. Aceito para publicação em 06.05.13.

²Universidade Federal de Viçosa – Campus UFV, Departamento de Engenharia Florestal, Av. P. H. Rolfs s/n, 36570-000 Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

³Autor para correspondência: Aurino Miranda Neto – aur.neto@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o aumento populacional dos últimos anos e a diminuição gradativa das reservas naturais aumentou o consumo dos produtos originários da madeira. Em função disso, a floresta implantada tornou-se o melhor meio de atender a demanda de madeira e assegurar a conservação das florestas remanescentes (Mattei, 2001). Assim, o setor florestal vem se tornando cada vez mais importante para a economia brasileira, com mais de 6,5 milhões de hectares de florestas plantadas, geração de aproximadamente 2,8 milhões de empregos diretos e indiretos, e contribuição de cerca de 7,6 bilhões em recolhimento de tributos (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2012).

A tecnologia empregada nos povoamentos florestais, desde a produção de mudas até a colheita, já está bem desenvolvida. Práticas silviculturais como a geração e seleção de mudas, técnicas de preparo do solo e transplântio de mudas, desbaste, desrama, adubação e proteção contra insetos, doenças, fogo e erosões, têm sido responsáveis por considerável elevação na produtividade e na qualidade dos povoamentos florestais (Ribeiro, 2008). Porém, é importante ressaltar que existe uma grande variabilidade espacial referente aos fatores ambientais que também interferem na produtividade do talhão, formando florestas heterogêneas (Coelho, 2005).

A metodologia hoje utilizada é o enfoque em grandes áreas, entendidas como homogêneas, levando à técnica da necessidade média na aplicação dos insumos (Tschiedel e Ferreira, 2002). Essa técnica faz com que, por exemplo, a mesma formulação e/ou quantidade do fertilizante seja utilizada em toda área e desconsidera, portanto, as necessidades específicas de cada parte do campo (Tschiedel e Ferreira, 2002).

No entanto, o aprimoramento do setor, em busca da maior lucratividade e também da certificação florestal, intensificou a busca por processos de produção mais sustentáveis e a otimização no uso dos recursos ambientais (Klein et al., 2007). Nesse novo cenário, cresce a demanda por dados confiáveis que venham agilizar e aperfeiçoar o processo de tomada de decisões, de ordem estratégica e principalmente técnica. Essa demanda obriga a adoção de tecnologias mais avançadas, que visem à diminuição das diferenças entre a produtividade experimental e real (Klein et al., 2007).

Nesse contexto, surge a Silvicultura de Precisão, que pode ser definida como planejamento e condução de atividades de manejo localizado na floresta e operações para melhorar a qualidade e utilização do produto florestal, reduzir perdas, aumentar lucro e manter a qualidade do ambiente (Taylor et al., 2002). Trata-se de um modelo de manejo dos reflorestamentos de baixa utilização, baseado no conhecimento prévio que abarca a variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade. Nessa metodologia, a unidade florestal é tratada geograficamente ponto a ponto, ou seja, a área total é dividida em frações de unidades diferenciadas pelo índice de qualidade de sítio, sendo cada fração estabelecida referente a cada ponto (Brandelero et al., 2007a).

A silvicultura de precisão busca aliar o conhecimento já existente dos inventários florestais com a inclusão das variabilidades espacial e temporal dos fatores de produção e com o apoio de tecnologias como: fotogrametria e fointerpretação, cartografia, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global (Brandelero et al., 2007a). Utiliza-se, também, de outras tecnologias, como sistemas computacionais embarcados e sistemas de software para gestão de dados (Mello e Caimi, 2008).

Silvicultura de precisão não significa total automatização ou informatização de cada operação silvicultural. Ela pode ser conduzida de uma forma rentável sem ser automatizada (Taylor et al., 2002), focada na obtenção e tratamento de dados de natureza espacial, e na busca, em cada atividade, da exatidão e precisão na tomada de decisão (Vetorazzi e Ferraz, 2000).

O gerenciamento de florestas implantadas baseado na silvicultura de precisão facilita a tomada de decisão, pois oferece maior disponibilidade de informações (Vetorazzi e Ferraz, 2000).

Enfim, silvicultura de precisão é um termo relativamente novo e que é cada vez mais utilizado na área florestal, similar ao empregado nas produções agrícolas (Taylor et al., 2002). A Agricultura de Precisão, por sua vez, pode ser definida como uma estratégia ambientalmente amigável e holística, em que os produtores rurais podem utilizar diversas entradas e métodos de cultivo para encontrar variações de solo e avaliar as condições das culturas no campo (Srinivasan, 2006).

No entanto, como há muitas diferenças entre os dois setores, os conceitos aplicados à agricultura de precisão nem sempre são diretamente aplicáveis à silvicultura de precisão (Taylor et al., 2002).

Com base no exposto, o presente trabalho relata a utilização da silvicultura de precisão no setor florestal, com destaque para suas diversas aplicações e consequências.

2 PREPARO DA ÁREA PARA IMPLANTAÇÃO DO FLORESTAMENTO/REFLORESTAMENTO

2.1 Mapeamento de Área de Preservação Permanente – APP e Reserva Legal em Atendimento à Legislação e Criação de Corredores Ecológicos

No mapeamento de APP e Reserva Legal em atendimento à legislação, as técnicas de geoprocessamento constituem um importante meio de obtenção de dados a serem utilizados no planejamento e zoneamento. Essas técnicas são constituídas, tanto em níveis regionais quanto municipais, por diversas ferramentas, como, mapas topográficos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, modelos matemáticos gerados com base em sistemas de informações geográficas e imagens de satélite (Costa et al., 1996; Catelani e Batista, 2007). E essas ferramentas, segundo os mesmos autores, auxiliam sobremaneira a investigação da adequação do uso do solo em APPs, além das delimitações destas e da Reserva Legal.

O uso das diversas tecnologias disponíveis no mapeamento de áreas voltadas à proteção e preservação dos ecossistemas florestais, permite maior precisão e detalhamento dos dados topográficos, e assim, alcançar melhores resultados na definição e delimitação das áreas. Além disso, as mesmas ferramentas utilizadas no mapeamento de APP e Reserva Legal podem ser úteis na proposição de corredores ecológicos e sua interligação aos fragmentos florestais existentes dentro da empresa de base florestal.

Corredor ecológico é uma faixa de vegetação que liga diferentes habitats, permite a mobilidade de diversas espécies e aumento da mobilidade genética entre diferentes fragmentos de florestas (Vital, 2007).

Portanto, é uma estratégia de conservação ambiental. Em plantações comerciais, os corredores ecológicos consistem na manutenção de “linhas” de floresta nativa intercaladas com as plantações, formando paisagens em mosaico (Vital, 2007).

2.2 Otimização do Traçado das Estradas Florestais

O planejamento da malha viária florestal procura reduzir possíveis erros ou falhas na construção. Com a melhoria dos padrões de qualidade, diminuem-se os custos de construção e manutenção das estradas florestais (Malinovski, 2010). Esse planejamento visa à qualidade e à funcionalidade das estradas em relação ao transporte de pessoas e produtos da floresta, às necessidades de transporte de cargas e serviços, e às atividades de prevenção e combate a incêndios (Corrêa et al., 2006).

Na definição do traçado das estradas florestais são contemplados os parâmetros técnicos, como condições e tipo de tráfego, condições do terreno, tipo de solo, clima, regime pluviométrico e padrão de construção (Malinovski, 2010). Entre os fatores econômicos, contemplam-se a densidade e padrão da malha viária florestal e a organização da utilização e manutenção das estradas, além de outros, tais como, volume de madeira que será transportado, condições ambientais, entre outros (Malinovski, 2010).

Em razão dos altos custos de construção e manutenção de estradas florestais e do transporte, o uso de ferramentas como o SIG torna-se essencial na otimização do transporte florestal rodoviário e possibilita maior eficiência na tomada de decisão, especialmente na determinação do melhor traçado das estradas florestais (Oliveira Filho et al., 2005).

A utilização de SIG no planejamento e manutenção da malha viária florestal, em busca da otimização do transporte de madeira, tem sido reportada na literatura (Barddal, 1994; Motta et al., 1996; Venturi, 2000; Oliveira Filho et al., 2005). Na determinação da rota ótima de transporte florestal rodoviário em um povoamento florestal comercial, em Lençóis Paulista, SP, foi utilizado com sucesso o sistema de processamento de imagens georreferenciadas (SPRING®) em uma análise comparativa entre os critérios de desempenho operacional dos veículos e menor distância (Oliveira Filho et al., 2005).

2.3 Aplicação de Fertilizantes

A avaliação do índice de sítio em áreas florestais, ou seja, a capacidade produtiva de um local, contribui na avaliação das reais necessidades de cada área em relação à correção do pH e adubação mineral (Ortiz et al., 2006). Assim, as técnicas de geoprocessamento, análise geoestatística e os métodos estatísticos clássicos possibilitam a identificação das variáveis que afetam a variação da produtividade do local. Essas técnicas otimizam o processo de avaliação da qualidade de sítio das áreas de implantação florestal, através do mapeamento da variabilidade espacial de atributos do solo e do relevo e do potencial produtivo de um talhão florestal. Elas podem, por exemplo, relacionar a distribuição de areia total, argila total e alumínio com a distribuição do índice de sítio (Ortiz et al., 2006).

No manejo convencional do solo, assume-se que ele é homogêneo para uma vasta área agrícola e, geralmente, utiliza-se uma única prática de manejo para toda a área, desprezando-se as variabilidades (Lanças, 2002). No entanto, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e a produtividade das culturas podem variar de local para local (Lanças, 2002). Além disso, o crescente aumento nos preços dos insumos e a busca por processos de produção sustentáveis exigem uma utilização cada vez mais racional de fertilizantes.

Em virtude das variações naturais que ocorrem nas características do solo, a silvicultura de precisão busca soluções de aplicações diferenciadas de insumos na área para sanar as possíveis deficiências ocorrentes em cada fração da área (Mello e Bentivenha, 2006). No processo de amostragem georreferenciada do solo, pode-se utilizar um quadriciclo equipado de GPS, computador de bordo e sistema amostrador. Isso permitirá mapear os pontos de retirada de amostras de solo, delimitá-los com coordenadas geográficas e, posteriormente, permitir a elaboração de mapas de fertilidade de solo que serão essenciais na recomendação de adubação (Petilio et al., 2007).

Na obtenção de maior produtividade e retorno financeiro, com um menor impacto negativo ao meio ambiente, a avaliação da fertilidade do solo e criação de mapas de fertilidade são extremamente relevantes (Ribeiro, 2008). Isso se deve, de acordo com esse autor, à variabilidade na fertilidade do

solo que se pode ter em pequenas frações na área de implantação. Portanto, o sistema de informações geográficas se torna uma ferramenta que possibilita a organização, manutenção e análise dos dados obtidos na tomada de decisão apropriada em cada situação recorrente em campo, e assim, a correta avaliação dos índices de sítio é de grande relevância no manejo diferenciado de cada fração da área (Ribeiro, 2008).

As máquinas agrícolas possuem implementos que permitem a distribuição adequada dos insumos de acordo com a necessidade em cada ponto da área, verificada pela leitura realizada pelos microcomputadores e softwares acoplados às máquinas (Mello e Bentivenha, 2006). Portanto, com as informações geradas no mapa de fertilidade, aplica-se o fertilizante em pré-transplante de mudas a taxas variáveis com equipamentos autopropelidos. Isso permite tratar de forma diferenciada cada ponto anteriormente amostrado (Fresco, 1995).

A capacidade de alterar as taxas de aplicação de fertilizantes para atender às necessidades de cada unidade de gestão conduz a uma utilização mais eficiente dos insumos com custos de produção e impactos ambientais negativos reduzidos (Taylor et al., 2002). Além disso, esse método tem a vantagem de permitir o planejamento das aplicações antes da máquina ir a campo e o controle da quantidade aplicada durante a operação, evitando a falta ou excesso de produto em relação ao recomendado (Mantovani et al., 1998).

Muitas experiências têm sido realizadas com a aplicação de fertilizantes a taxas variáveis, como o estudo de Taylor et al. (2002), que relata o desenvolvimento de um tipo de pulverizador para aplicação de fertilizantes líquidos, nos anos de 1999 e 2000, por especialistas, em povoamentos florestais no Alabama, nos Estados Unidos. A experiência com essa máquina indicou uma redução de 47% no custo total da operação em comparação com os métodos tradicionais de aplicação, além da redução de até 2/3 na quantidade de fertilizante utilizada (Taylor et al., 2002).

Na agricultura de precisão há registros de economia de até 50% em fertilizantes e de até 30% em herbicidas com a utilização de mapas de fertilidade, enquanto os estudos envolvendo esta técnica na silvicultura de precisão se apresentam ainda incipientes (Mello e Bentivenha, 2006).

Entre os ganhos com o advento das ferramentas de silvicultura de precisão na aplicação de fertilizantes destacam-se: maior rendimento operacional, maior agilidade e flexibilidade no transplante de mudas, diminuição da mão de obra contratada, redução dos gastos com equipamentos e diminuição do ativo imobilizado da empresa florestal (Petilio et al., 2007).

2.4 Controle de Erosão

A erosão hídrica é a ação da água de precipitação sobre o terreno, com o consequente carreamento de constituintes do solo, nutrientes e matéria orgânica para partes do terreno em que estes nutrientes minerais e orgânicos não podem ser aproveitados pelas culturas agrícolas ou implantações florestais (Ribeiro, 2008). Portanto, segundo o mesmo autor, se torna uma das principais causas de redução da produtividade. A inclinação do terreno é um forte fator no agravamento da erosão hídrica, que propicia de forma acentuada as perdas de solo e água, diminui a infiltração de água no solo e aumenta o seu volume e velocidade através do escoamento superficial (Cogo et al., 2003). Dependendo do uso do solo, das atividades desenvolvidas pelo homem, da importância relativa do clima e solo, das práticas conservacionistas e do tipo de vegetação presente, a erosão hídrica pode se manifestar de forma variável (Schick et al., 2000).

As perdas ocasionadas pela erosão hídrica podem comprometer a produção florestal e aumentar os custos com fertilização mineral. Dessa forma, o uso do SIG e do Modelo Digital de Elevação – MDE auxilia na obtenção de parâmetros hidrológicos e morfométricos de uma bacia hidrográfica para auxiliar na prevenção desses problemas (Ribeiro, 2008). O MDE pode fornecer com exatidão a modelagem do escoamento superficial, e assim, avaliar o potencial de erosão do terreno com o auxílio de outros fatores. Isso propicia a tomada de decisões por estabelecer métodos e estratégias de controle eficientes, enquanto o SIG permite o planejamento e controle da irrigação e drenagem, associando a dados climáticos e valores das lâminas de água aplicadas (Ribeiro, 2008).

2.5 Combate a Formigas Cortadeiras

Outra prática silvicultural importante é o combate a formigas cortadeiras, que apresenta diversas táticas de controle, como: manutenção de sub-bosque diversificado; controle químico, mecânico, biológico, cultural, comportamental e físico; e as tentativas de utilização de essências florestais resistentes ao ataque destes agentes (Della Lucia e Vilela, 1993; Cantarelli, 2005). Dentre essas técnicas o mais empregado tem sido o controle químico.

Para otimizar as técnicas de combate utilizadas, aumentar a eficiência, diminuir os custos e reduzir o impacto ambiental negativo proveniente de aplicações constantes de formicidas, o setor florestal tem adotado sistemas de monitoramento de formigas cortadeiras (Laranjeiro, 1994; Cantarelli, 2005). Nesses sistemas, de acordo com esses autores, são realizadas amostragens fundamentadas nos objetivos que se almejam, tais como, indicação do momento ótimo da intervenção contra as formigas; otimização dos recursos em cada método; formação de uma base de dados para gerar uma programação de controle, entre outros. Uma gama maior de informações obtidas no monitoramento permite atuar pontualmente no combate às formigas cortadeiras.

3 IMPLANTAÇÃO

3.1 Utilização de Árvores Geneticamente Modificadas

A engenharia genética merece destaque na silvicultura de precisão, pois, através das árvores geneticamente modificadas, também se busca o aperfeiçoamento e sustentabilidade das florestas (Valdetaro et al., 2011). A tecnologia dos transgênicos está sendo adotada pelo setor florestal, sobretudo nos países desenvolvidos, assim como ocorreu com as espécies anuais na década passada. A tendência mundial é que um número crescente de espécies florestais transgênicas, com novas características, seja liberado no mercado nos próximos anos, já que existem grandes investimentos em programas de melhoramento e estudos em campo com espécies e híbridos florestais transgênicos (Stuart-Guimarães et al., 2003).

Essa técnica se baseia na modificação direta do genoma de um organismo alvo pela introdução intencional de fragmentos de DNA exógenos, e que possuem uma função conhecida. Nesse ponto, o gene que contém as informações para a síntese de uma proteína, a qual por sua vez está inserida no mapa metabólico da síntese de uma molécula de interesse, pode ser transferido para outro organismo, que então expressará as características desejadas (Di Ciero e Amaral, 2002).

O estabelecimento de um eficiente sistema de transformação para qualquer espécie vegetal necessita de três etapas: (a) identificação, isolamento e introdução do DNA exógeno na célula; (b) seleção e crescimento das células transformadas, e (c) estabelecimento de um sistema simples e eficiente de regeneração das células transformadas (Brasileiro e Dusi, 1999). Diferentes sistemas de transferência de genes têm sido utilizados no cenário florestal. As estratégias com maiores destaques são o método indireto, baseado na patogenicidade de *Agrobacterium* e os métodos diretos, os quais dispensam o uso deste vetor intermediário (Babu, 2003).

Os benefícios dos organismos geneticamente modificados na silvicultura representam mais do que a melhoria no crescimento e forma das árvores, incluindo também benefícios potenciais na melhoria das características das mesmas (Balocchi e Valenzuela, 2004). Na área florestal, considera-se que a tecnologia de transferência de genes pode contribuir para minimizar as limitações intrínsecas do melhoramento de espécies arbóreas, tais como, o longo tempo para obtenção de novas gerações e a grande variabilidade existente entre e dentro de espécies (Studart-Guimarães et al., 2003). Segundo Valdetaro et al. (2011), alguns fatores que vêm sendo estudados e melhorados por meio da transgenia são: redução do teor e composição da lignina; resistência a pragas e doenças; tolerância à utilização de herbicidas; produção de biomassa (aumento da produtividade); remoção de poluentes do solo (fitorremediação) e aumento da eficiência de absorção do fósforo.

De acordo com Rautner (2001), entre os anos de 1988 a 2000, existiam cerca de 250 testes em campo envolvendo plantas lenhosas transgênicas, sendo, pelo menos 24 espécies vegetais em 17 países.

Dentre essas espécies, 51% eram plantas lenhosas do gênero *Populus*, seguido por *Pinus* com 23%, *Liquidambar* com 11% e *Eucalyptus* com 7% (Sartoretto et al., 2008). No Brasil, foram desenvolvidos dois projetos de genoma de *Eucalyptus*. Um financiado por um consórcio entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e a iniciativa privada, e outro patrocinado por um consórcio entre o Governo Federal e a iniciativa privada. Esses projetos utilizam duas estratégias diferentes, uma baseada em sequenciamento de sequências expressas (Expressed Sequence Tags – EST) e outra baseada no uso de marcadores moleculares para localização de genes e QTLs (loci para característica quantitativa) através de uma rede experimental de clones instalados em diferentes regiões do Brasil (Di Ciero e Amaral, 2002).

Apesar do grande potencial dessa nova tecnologia de produção florestal, está claro que muitos estudos envolvendo o risco ambiental dos organismos geneticamente modificados deverão ser realizados, até que uma quantidade suficiente de conhecimento sobre os benefícios esperados e os possíveis riscos desta técnica seja estabelecido (Gartland et al., 2003). No entanto, é preciso considerar que o uso de árvores geneticamente modificadas também oferece impactos ambientais, culturais e socioeconômicos de caráter positivo, os quais devem ser igualmente considerados na avaliação a ser feita em relação ao uso deste tipo de tecnologia (Valdetaro et al., 2011).

4 CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO

4.1 Monitoramento com Informações Georreferenciadas

O monitoramento através do geoprocessamento ou geomonitoramento, tem como utilidade: manter atualizada a base cartográfica e o banco de dados da empresa; dar suporte aos grupos envolvidos em proteção florestal por meio de identificação e mapeamento de áreas de risco ou de ocorrência de incêndios, ataques de pragas, doenças, entre outros; acompanhar a situação das áreas de preservação permanente e reservas legais; e avaliar a disponibilidade de matéria-prima em áreas de terceiros (Vettorazzi, 1996).

A constante necessidade de suprimento de matéria-prima do empreendimento florestal pode ser alcançada através da estruturação, adequação e atualização de bases cartográficas, que auxiliam na quantificação da área plantada, predição de volume, e ainda identificação das áreas de preservação (Kronka et al., 2005; Oliveira Filho, 2009).

Um banco de dados georreferenciado apoiado em um SIG pode gerar mapas. Esses mapas são direcionados para determinada variável ou atributo que se queira apresentar espacialmente através da visualização de quaisquer informações antes obtidas com as ferramentas de inventário florestal, prognoses de crescimento, entre outras estimativas e simulações (Oliveira Filho, 2009). Além disso, segundo esse autor, pode-se utilizar análises espaciais, como a produção de modelos digitais do terreno, no qual as variáveis x e y continuem expressando as coordenadas de localização da informação. Já a variável z passa a indicar outras variáveis, tais como, índice de sítio, área basal, diâmetro médio, volume total por hectare, volume para determinada finalidade, áreas destinadas para corte raso ou desbaste, custos e receitas, entre outras (Oliveira Filho, 2009).

4.2 Prevenção, Detecção e Controle de Incêndios Florestais

Agilidade e eficiência no monitoramento e na detecção dos incêndios florestais é primordial para o controle do fogo, diminuição dos custos nas operações de combate e redução dos danos. Assim, os métodos de detecção e monitoramento de incêndios florestais são importantes para o planejamento do controle (Batista, 2004).

A detecção de incêndios florestais pode ser feita por meio de vigilância terrestre através de torres de observação, patrulhamento aéreo com aeronaves ou por imagens de satélites, e a escolha do método dependerá das características do local, principalmente em relação a extensão da área a ser monitorada (Batista, 2004).

O uso de SIG para detecção de incêndios florestais proporciona maior precisão na identificação do foco inicial do incêndio e garante maior agilidade nas tomadas de decisão por parte da equipe responsável pelo primeiro combate (Venturini e Antunes, 2007).

4.3 Inventário Florestal

Informações precisas e de baixo custo são buscadas pelos gerentes de empreendimentos florestais. Uma das alternativas é o uso de um método que explore adequadamente as relações regionais existentes entre as unidades amostrais. Os métodos de análise de inventários florestais tradicionais utilizam uma medida de tendência central (média) e uma de dispersão (variância), mas não levam em consideração as possíveis correlações entre as observações vizinhas (Mello, 2004). Por outro lado, os métodos geoestatísticos avaliam melhor as estruturas de dependência espacial entre as características dendrométricas de uma espécie e as variáveis do seu meio físico. Portanto, obtêm resultados capazes de explorar adequadamente as relações espaciais entre os dados dendrométricos e o meio abiótico, de fundamental importância para o inventário (Bognola et al., 2008).

O desenvolvimento do processamento de imagens tornou possível combinar informações de imagem estereoscópica digital para que as fotos aéreas ou via satélite possam ser utilizadas para encontrar os topos das árvores, altura, DAP e volumes (Mikkonen, 2006). Ademais, segundo esse autor, essa informação pode ser usada para encontrar a localização exata de um objeto sob o dossel.

Os dados de inventário formam a base para a decisão do corte e para estimativas de estandes individuais. Essas informações podem ser transferidas para computadores de bordo das máquinas florestais para, por exemplo, a otimização da colheita (Mikkonen, 2006).

4.4 Controle de Pragas e Doenças

O registro da ocorrência de pragas pode ser feito através de um cadastro georreferenciado (Vettorazzi e Ferraz, 2000). O sensoriamento remoto possui grande utilidade no controle de pragas e doenças, pois permite obter imagens digitais de baixo custo em amplo espectro da radiação eletromagnética (Ribeiro, 2008). Através dessa tecnologia, é possível detectar estresses vegetativos nos seus estágios iniciais, e também, se a distribuição espacial de plantas daninhas, insetos e doenças ocorre de forma aleatória ou tendenciosa (Ribeiro, 2008).

Devido às pragas e doenças também apresentarem grande variação espacial nos povoamentos florestais, o sensoriamento remoto complementa as estratégias do manejo integrado de pragas, para aplicação de defensivos de forma preventiva (Daberkow, 1996; Brandelero et al., 2007b). Esse manejo é definido como estratégia de controle e indicará quando o controle deverá ser realizado para evitar possível queda no retorno econômico da produção. Essa utilização mais racional de defensivos resulta em ganhos econômicos e ambientais consideráveis (Daberkow, 1996; Brandelero et al., 2007b).

Cantarelli (2005) afirma que a utilização da tecnologia SIG/GPS apresenta um resultado de alta confiabilidade no controle de formigas cortadeiras (*Acromyrmex* e *Atta*) e confirma que o manejo integrado de pragas – MIP de precisão é possível em sistemas florestais. Ainda, segundo esse autor, as tomadas de decisões para o controle são facilitadas através da geração de mapas georreferenciados, que permitem visualizar a intensidade e a distribuição espacial dos formigueiros.

Outra ferramenta é a aplicação de técnicas de biotecnologia, que se apresentam como um novo desafio para a silvicultura clonal de *Eucalyptus*. Essas técnicas requerem a integração da microbiologia, bioquímica, genética e engenharia bioquímica (Xavier e Silva, 2010). Seu uso permitirá alterar o ciclo reprodutivo das plantas, aumentar a tolerância a herbicidas e estresses abióticos, modificar a arquitetura vegetal, manipular os teores de lignina e celulose, induzir resistência a doenças e pragas, entre outros (Xavier e Silva, 2010). Entretanto, de acordo com esses autores, é essencial a avaliação de biossegurança, que deve incluir a análise dos riscos potenciais das plantas ou das práticas relacionadas ao seu cultivo para o meio ambiente, a saúde humana e animal.

5 COLHEITA

5.1 Otimização da Colheita

A tecnologia dos SIGs é essencial na contribuição de resoluções de problemas frequentes no planejamento da colheita florestal (Leite, 2010).

Como exemplo, tem-se a inserção de variáveis complexas (declividade do terreno, espaçamento entre plantas, volume das árvores, manejo adotado, potência e produtividade das máquinas, entre outras) dentro das técnicas da pesquisa operacional, em busca do ótimo a ser estimado (Malinovski et al., 2008).

Na minimização dos custos das atividades de colheita florestal é fundamental a adoção de várias técnicas e procedimentos que tragam uma solução ótima do problema, tais como: programação linear, programações inteira e mista, programação dinâmica, utilização de algoritmos e simulações, entre outras (Malinovski et al., 2008).

A silvicultura de precisão permite obter um banco de dados de informação geoespacial, que inclui a fertilidade do solo, produtividade dos povoamentos florestais e, até mesmo, a qualidade da colheita (Taylor et al., 2002). As máquinas utilizadas na colheita possuem monitores de produtividade que coletam dados contínuos sobre a quantidade a ser colhida em função da localização no campo. Quando mapas de produtividade são combinados com mapas de fertilidade do solo e mapas de tipo de solo, cada unidade de gestão pode ter suas próprias taxas de fertilizantes, herbicidas e pesticidas prescritas, e conforme o aplicador se move no campo, as taxas dos insumos podem ser alteradas (Taylor et al., 2002). Segundo esse autor, conduz a uma utilização mais eficiente desses insumos, redução dos custos de produção e dos impactos ambientais negativos.

Nos países nórdicos, os novos *harvesters* são equipados com sistema de informação, GPS, mapa digital do povoamento florestal e possuem comunicação por redes móveis para transferência de dados relacionados com a colheita (Billingsley et al., 2008). Desse modo, a operabilidade das máquinas pode ser muito mais eficiente, os riscos ambientais menores e a produtividade mais elevada (Mikkonen, 2006).

5.2 Geração de Mapas de Produtividade

O mapa de produtividade é uma ferramenta que avalia a resposta da cultura ao manejo e aplicação de insumos agrícolas,

além de indicar a localização de áreas críticas em termos de rentabilidade (Klein et al., 2007). Esse artifício é muito difundido na agricultura, mas pode ser perfeitamente utilizado na área florestal (Taylor et al., 2002). Porém, com algumas diferenças, já que a rotação é muito maior para as florestas. Além disso, o manejo florestal pode realizar várias operações de desbaste, juntamente com o impacto de eventos ambientais e de gestão, os quais podem influenciar o crescimento e o rendimento final de madeira. No entanto, um mapa de produtividade pode fornecer informações valiosas na gestão de um sistema silvicultural (Taylor et al., 2006).

Esses mapas são elementos úteis para melhor visualização e entendimento, de forma mais simplificada, de um conjunto complexo de informações geograficamente referenciadas. Essas informações são alcançadas como uma representação dos resultados gerados de análises realizadas pela tecnologia do sistema de informações geográficas (Ribeiro, 2008). Os dados são obtidos por alguns tipos de equipamentos na atividade de colheita florestal e são de grande relevância por fornecer a variação espacial da capacidade produtiva da área avaliada (Ribeiro, 2008). Entretanto, segundo esse autor, eles não possibilitam saber as causas dessa variabilidade e necessitam das variáveis que interferem na produção.

Na construção dos mapas de produtividade, frequentemente, são utilizadas técnicas geoestatísticas, que estão fundamentadas na teoria das variáveis regionalizadas. Essas técnicas consideram a distribuição espacial das medidas e permitem um raio de correlação espacial entre as amostras (Klein et al., 2007). Vieira (1998) definiu variável regionalizada como uma função espacial numérica, que varia de um local para outro, com continuidade aparente e cuja variação não pode ser representada por uma função matemática simples. Essa continuidade ou dependência espacial pode ser estimada pelo semivariograma. Este, por sua vez, pode ser definido como sendo um método estatístico que permite estudar a dispersão natural, o grau de continuidade dos dados

amostrados no campo e a estrutura de dependência espacial de dados georreferenciados (Klein et al., 2007).

Os dados para a criação dos mapas de produtividade poderão ser obtidos automaticamente durante a operação de colheita (Ribeiro, 2008), pois máquinas com sensores de dimensão avançados têm sido utilizadas nos atuais sistemas de colheita de madeira. Desse modo, a combinação dos dados dimensionais da árvore com a posição (GPS), torna possível o desenvolvimento de mapas de produtividade da floresta (Taylor et al., 2002). Contudo, tais mapas não fornecem informações sobre as causas da variabilidade, e por isso, devem estar acompanhados dos dados das diversas variáveis envolvidas na produção, de modo que possam ser interpretados em um SIG e possibilitar a tomada de decisões (Ribeiro, 2008).

Ortiz (2003) mapeou a capacidade produtiva (expressa pelo Índice de Sítio) em um talhão com clones de *Eucalyptus grandis*, numa área de 8,4 ha, pertencente à Suzano Bahia Sul Celulose, no município de Paraibuna, SP. O mapa de produtividade indicou que os valores de índice de sítio variaram entre 24 e 34 metros. Outro estudo envolvendo uma cultura perene foi realizado por Balastreire et al. (2002), através do mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja em uma propriedade no município de Limeira, SP. Os resultados obtidos mostraram que a produtividade da área (3,3 ha) variou de 0,1 a 5,4 caixas de 31 kg/árvore, ou seja, uma alta variabilidade espacial dentro de um mesmo talhão.

Com o uso de geotecnologias é possível gerar mapas de produtividade que permitem a localização com precisão de variações no espaço e no tempo de pontos relevantes no gerenciamento da produção florestal (Mello e Bentivenha, 2006), isto auxilia na localização de áreas com maior ou menor rentabilidade. Com os mapas de relevo e atributos do solo pode-se ter o fornecimento de subsídios na identificação dos fatores limitantes da capacidade produtiva local (Mello e Bentivenha, 2006).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um mercado cada vez mais exigente nos âmbitos socioambiental e de qualidade dos produtos, torna-se necessário o alcance de maior eficiência no uso de recursos edáficos, hídricos e biológicos, bem como a utilização de serviços e insumos. Para atender a essas demandas, o auxílio da silvicultura de precisão é mais uma ferramenta, pois esta proporciona a otimização dos rendimentos operacionais, maior controle e qualidade nas operações executadas, diminuição dos impactos ambientais negativos, racionalização no uso de insumos e diminuição dos custos de produção.

A silvicultura de precisão ainda tem sido pouco adotada, mas possui potenciais de crescimento que permitem ao setor florestal o alcance da máxima produtividade sustentável, com integral respeito aos parâmetros ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**: ano base 2011. Brasília, DF, 2012. 150 p.
- BABU, R.M. Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management – an overview. **Crop Protection**, v. 22, p. 1071-1086, 2003.
- BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R.; ESQUERDO, J.C.D.M. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja. In: BALASTREIRE, L.A. **Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001**. Piracicaba: ESALQ/LER, 2002. p. 151-157.
- BALOCCHI, C.; VALENZUELA, S. Introduction to GMOs and biosafety in forestry. In: KELLISON, R.; McCORD, S.; GARTLAND, K. (Ed.). PROCEEDINGS OF THE FORESTRY BIOTECHNOLOGY WORKSHOP, GLOBAL BIOTECHNOLOGICAL FORUM, 2004, Concepción. **Anais...** Concepción: Institute of Forest Biotechnology, 2004. p. 85-96.
- BARDDAL, S.M. A utilização do SIG na Klabin. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p. 83-92.
- BATISTA, A.C. Detecção de incêndios florestais por satélites. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 237-241, 2004.
- BILLINGSLEY, J.; VISALA, A.; DUNN, M. Robotics in agriculture and forestry. In: SICILIANO, B.; OUSSAMA, K. **Springer handbook of robotics**. Berlin: Springer-Verlag, 2008. p. 1065-1077.
- BOGNOLA, I.A. et al. Modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda* L. **Floresta**, v. 38, n. 2, p. 373-385, 2008.
- BRANDELERO, C. et al. Silvicultura de precisão: mapeamento, inventário e geoestatística. **Geomática**, v. 2, n. 1, p. 15-25, 2007a.
- _____.; ANTUNES, M.U.F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2007b.
- BRASILEIRO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação genética de plantas. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. (Org.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CNPq, 1999. pt. IV, p. 679-735.
- CANTARELLI, E.B. **Silvicultura de precisão no monitoramento e controle de formigas cortadeiras em plantios de *Pinus***. 2005. 108 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CASTRO, B.F.D.; VIEIRA, G.R. Panorama da silvicultura de precisão no Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2008, Curitiba. **Anais...** São Paulo: IPEF, 2008. Não paginado.
- CATELANI, C.S.; BATISTA, G.T. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Ambi-Água**, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2007.
- COELHO, A.M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 60 p. (Série Documentos: Embrapa Milho e Sorgo, v. 46).
- COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declives e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

CORRÊA, C.M.C.; MALINOVSKI, J.R.; ROLOFF, G. Bases para planejamento de rede viária em reflorestamento no Sul do Brasil. **Floresta**, v. 36, n. 2, p. 277-286, 2006.

COSTA, T. et al. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 129-135, 1996.

DABERKOW, S. **The emerging role of precision farming in integrated pest management**. Beltsville: USDA: Current Research Information System – CRIS, 1996.

DELLA LUCIA, T.M.C.; VILELA, E.F. Métodos atuais de controle e perspectivas. In: DELLA LUCIA, T.M.C. (Ed.). **As formigas cortadeiras**. Viçosa-MG: UFV Imprensa Universitária, 1993. p. 151-162.

DI CIERO, L.; AMARAL, W. Árvores geneticamente modificadas na silvicultura intensiva. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 29, p. 92-98, 2002.

FRESCO, L.O. Agro-ecological knowledge at different scales. In: BOUMA, J. et al. (Ed.). **EcoRegional approaches for sustainable land use and food production**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1995. p. 133-141.

GARTLAND, K.M.A. et al. Genetically modified trees: production, properties, and potential. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 5, p. 259-266, 2003.

KLEIN, W.L. et al. Altura do ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) nos manejos convencional e de precisão, analisada pela geoestatística. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 4, p. 299-309, 2007.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R.H. **A cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.

LANÇAS, K.P. Instrumentação para avaliação do desempenho operacional de tratores e variabilidade espacial dos solos. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 437-498.

LARANJEIRO, A.J. Controle de formigas cortadeiras em reflorestamentos: propagação, operação e monitoramento. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO NO CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS, 2., 1994, Piracicaba. Piracicaba: IPEF, 1994. 24 p.

LEITE, E.S. **Desenvolvimento de planos de colheita florestal de precisão utilizando tecnologias de geoprocessamento**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MALINOVSKI, R.A. **Modelo matemático para otimização dos custos operacionais de transporte de toras com base na qualidade de estradas**. 2010. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MALINOVSKI, R.A. et al. Otimização da distância de extração de madeira com forwarder. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 171-179, 2008.

MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F.M.; BORGES, P.H.M. (Ed.). **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFLA: SBEA, 1998. p. 109-157.

MATTEI, V.L. Protetores físicos para semeadura direta de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 5, p. 775-780, 2001.

MELLO, B.A.; CAIMI, L.L. Simulação na validação de sistemas computacionais para a agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 666-675, 2008.

MELLO, E.J.; BENTIVENHA, S.R. Silvicultura de precisão. **Revista Opiniões**, v. 3, p. 26, 2006.

MELLO, J.M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 111 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MIKKONEN, E. Precision forestry: new challenge to Nordic logging. **Forestry Studies/Metsanduslikud Uurimused**, v. 45, p. 33-36, 2006.

MOTTA, L.P. et al. Utilização do sistema de informações geográficas e da distância virtual na otimização do transporte florestal rodoviário. **Revista Árvore**, v. 20, n. 3, p. 381-394, 1996.

OLIVEIRA FILHO, P.C. Sistemas de informações geográficas: um modelo de dados espacial florestal. **Ambiência**, v. 5, n. 3, p. 539-550, 2009.

OLIVEIRA FILHO, P.C. et al. Determinação da rota ótima de transporte com auxílio de um sistema de informação geográfica. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 403-409, 2005.

ORTIZ, J.L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ORTIZ, J.L. et al. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, v. 72, p. 67-79, 2006.

PETILIO, A. et al. Um breve estudo da viabilidade de aplicação de técnicas de agricultura de precisão. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, 2007. Disponível em: <www.revista.inf.br>. Acesso em: 22 set. 2012.

RAUTNER, M. Designer trees. **Biotechnology and Development Monitor**, v. 44/45, p. 2-7, 2001.

RIBEIRO, C.A.A.S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2008. p. 328-351.

SARTORETTO, M.L.; SALDANHA, C.W.; CORDER, M.P.M. Transformação genética: estratégias e aplicações para o melhoramento genético de espécies florestais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 861-871, 2008.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em cambissolo húmico aluminoso submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 427-436, 2000.

SRINIVASAN, A. **Handbook of precision agriculture**. Philadelphia: Haworth Press, 2006. 683 p.

STUDART-GUIMARÃES, C.; LACORTE, C.; BRASILEIRO, A.C.M. Transformação genética em espécies florestais. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 167-178, 2003.

TAYLOR, S.E. et al. Precision forestry: operational tactics for today and tomorrow. In: INTERNATIONAL MEETING OF THE COUNCIL ON FOREST ENGINEERING, 23., 2002, Corvallis. **Annals...** Corvallis: Oregon State University Press, 2002. 6 p.

TAYLOR, S.E. et al. Precision forestry in the Southeast U.S. In: FIRST INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2006, Stellenbosch. **Proceedings...** Stellenbosch: IUFRO, 2006. p. 397-414.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 159-163, 2002.

VALDETARO, E.B. et al. Árvores geneticamente modificadas: técnicas, aplicações, riscos e os potenciais impactos associados a sua utilização. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 65, p. 51-61, 2011.

VENTURI, N.L. GIS aplicado na área florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 4., 2000, Curitiba. **Anais...** Curitiba: casa publicadora, 2000. p. 143-157.

VENTURI, N.L.; ANTUNES, A.F.B. Determinação de locais ótimos para implantação de torres de vigilância para detecção de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 159-173, 2007.

VETTORAZZI, C.A. Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, v. 10, n. 29, p. 45-51, 1996.

VETTORAZZI, C.A.; FERRAZ, S.F.B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BORÉM, A. et al. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 65-75.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I.T. Mapeamento da chuva máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 11, p. 93-98, 1998.

VITAL, M.H.F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

XAVIER, A.; SILVA, R.L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

**FRUGIVORIA POR AVES EM *Eugenia uniflora* L. (MYRTACEAE)
EM AMBIENTES ANTROPIZADOS NA REGIÃO DE SOROCABA–SP¹**

**FRUGIVORY BY BIRDS IN *Eugenia uniflora* L. (MYRTACEAE)
AT ANTHROPIC ENVIRONMENT IN SOROCABA–SP REGION**

Nayara Francine LAMBERTI^{2, 5}; Regina Yuri Hashimoto MIURA³; Bruna Gonçalves da SILVA⁴

RESUMO – As aves, assim como toda fauna consumidora de frutos possuem grande importância no processo de dispersão de sementes. O declínio de suas populações pode gerar consequências para a reprodução e para o crescimento populacional dessas plantas zoocóricas, se a dispersão não for adequada ou se a quantidade de sementes dispersas for insuficiente. A espécie *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), nativa do Brasil, é popularmente conhecida como pitangueira. Possui frutos globosos e sulcados, apresentando cores brilhantes desde o laranja, até vermelho ou preto, com polpa carnosa e agridoce, normalmente com uma a duas sementes. O presente estudo caracterizou as espécies de aves consumidoras dos frutos de *E. uniflora*, em dois ambientes da região de Sorocaba, Estado de São Paulo. O estudo foi realizado entre fevereiro e setembro de 2012 com seis indivíduos de *E. uniflora*, sendo três em ambiente altamente antropizado, e três em área menos antropizada. A avifauna foi amostrada por meio de observações focais, considerando sua riqueza, abundância relativa, frequência de visitas, comportamento e diversidade. O padrão fenológico de *E. uniflora* também foi descrito, assim como a quantidade de frutos produzidos. Foram realizadas 116 horas de observação focal, durante as quais foram registradas 185 visitas de aves pertencentes às famílias Thamnophilidae, Vireonidae, Turdidae, Thraupidae consumindo seus frutos. Os resultados obtidos indicam que áreas menos antropizadas, mais arborizadas e com fragmentos mais próximos, como a área urbana de Araçoiaba, apresentam maior riqueza, abundância e diversidade de aves consumidoras de *E. uniflora*, quando comparada com a área urbana de Sorocaba.

Palavras-chave: aves; dispersão de sementes; *Eugenia uniflora*; frugivoria; áreas urbanas.

ABSTRACT – The birds, as all frugivorous animals, have great importance to seed dispersion process. Populational decline can generate consequences for the reproduction and population growth of many zoochoric plants if the dispersion is not adequate or if the amount of dispersed seeds isn't enough. *Eugenia uniflora* (Myrtaceae), species native from Brazil, is popularly known as pitangueira. It has globular and grooved fruits, showing bright colors from orange to red or black, with fleshy and bittersweet pulp, usually with one or two seeds. The present study aimed to characterize the bird species that consume *E. uniflora* fruits in two environments in Sorocaba region, São Paulo state. The study was held with six individuals of *E. uniflora*, three located in Sorocaba urban area, a highly anthropized environment, and three in Araçoiaba da Serra urban area, a less anthropized city. The avifauna was sampled through the focal observation method, considering its richness, relative abundance, visit frequency, behavior and diversity. The phenological pattern of *E. uniflora* was also described, as well as the number of produced fruits. During 116 hours of focal observation, 185 birds consuming the fruits were registered. They belong to the Thamnophilidae, Thraupidae, Turdidae, and Vireonidae families. The obtained results indicate that less anthropized areas, with more trees and near natural forest fragments as in Araçoiaba city, show more richness, abundance and diversity of birds consuming *E. uniflora* fruits, when compared with more anthropized urban areas like those of Sorocaba.

Keywords: birds; seed dispersal; *Eugenia uniflora*; frugivory; urban areas.

¹Recebido para análise em 25.01.13. Aceito para publicação em 09.05.13.

²Rua Artur Caldini, 417, 18085-050 Sorocaba, SP, Brasil. nayarafl@hotmail.com

³Avenida Independência, 412, 18087-101 Sorocaba, SP, Brasil. remiura@gmail.com

⁴Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Avenida Bertrand Russell, s/n, Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-970 Campinas, SP, Brasil. bgsilva@gmail.com

⁵Autor para correspondência: Nayara Francine Lamberti – nayarafl@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação de remanescentes florestais pode trazer sérias consequências para as interações ecológicas (Tonhasca Junior, 2005), como mudanças físicas, biológicas e perda de habitats (Laurance, 1990; Tabarelli et al., 1999), levando a alterações significativas na configuração da paisagem (Tabarelli et al., 1998; Awade e Metzger, 2008). Essas alterações podem prejudicar os padrões de dispersão e migração das espécies vegetais e animais, pois muitas espécies não ingressam em áreas abertas, mesmo quando os remanescentes florestais são próximos entre si (Tilman et al., 1994; Tabarelli et al., 1999; Tonhasca Junior, 2005). Estudos revelam que a existência de pequenas aberturas entre os fragmentos de habitat pode reduzir a capacidade das aves para voltar aos territórios de origem depois de ter sido estruturalmente modificados em manchas isoladas (Gobeil e Villard, 2002; Boscolo et al., 2008; Brasil, 2003), pois várias espécies que vivem em florestas não conseguem transpor ambientes alterados, ou seja, não possuem autonomia de voo (Brasil, 2003).

Quanto mais distinta for a matriz em relação ao ambiente original e maior for o grau de isolamento menores são as probabilidades de os organismos se manterem nos fragmentos (Brasil, 2003; Awade e Metzger, 2008; Boscolo et al., 2008).

No entanto, animais que se alimentam de frutos podem limitar o crescimento populacional das plantas que possuem frutos carnosos se a quantidade de sementes que dispersam é insuficiente, ou se a qualidade de dispersão que promovem é inadequada, ou seja, quando depositam sementes em locais com baixa probabilidade de recrutamento (Silva e Tabarelli, 2000; Jordano et al., 2006; Boscolo et al., 2008), ao macerar a polpa derrubam muitas sementes sob a planta-mãe, ou até mesmo quando agem como predadores de sementes ao mandibular excessivamente o fruto (Fonseca e Antunes, 2007).

O grupo das aves tem o maior número de espécies frugívoras dos neotrópicos, possuindo espécies altamente dependentes de frutos, consideradas especialistas e outras menos dependentes, as generalistas. Esse grupo é importante para os processos de dispersão (Galetti et al., 2003; Staggemeier e Galetti, 2007; Silva e Tabarelli, 2000), uma vez que apresentam vantagens sobre outros grupos de animais dispersores,

devido à sua alta mobilidade e à grande diversidade de espécies frugívoras (Scherer et al., 2007). As aves podem ser consideradas excelentes aliadas na restauração de áreas degradadas.

Nas zonas urbanas, as áreas verdes (e.g. parques e praças) desempenham um papel importante na manutenção da avifauna, uma vez que podem ser utilizadas como refúgios ou “ilhas” para as espécies que, pressionadas pela degradação ambiental das áreas naturais, conseguem se ajustar às pressões da urbanização. No entanto, possuem um número de visitas e consumo de frutos menores quando comparadas com áreas preservadas (Staggmeier e Galetti, 2007). Embora esses ambientes urbanos não sejam suficientes para propiciar a sobrevivência de todas as espécies do grupo e tenham uma composição de espécies distinta à de áreas preservadas, são áreas que se mostram importantes para manutenção de algumas delas, pois a vegetação fornece alimento, abrigo e local para nidificação (Franchin, 2009; Sousa, 2009).

Espécies vegetais nativas fixadoras de nitrogênio, com ação descompactante, rápido crescimento lateral de copa e que sejam atrativas à fauna são extremamente importantes na restauração de ecossistemas alterados, pois promovem a biodiversidade, o desenvolvimento e a manutenção da sucessão natural (Marcuzzo, 2012).

Dentre as espécies vegetais nativas do Brasil, a *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), popularmente conhecida como pitangueira, é muito utilizada para o consumo dos frutos *in natura* e pela indústria de sucos e polpas. A espécie também desperta o interesse das indústrias farmacêuticas, na busca de substâncias antioxidantes. Seu potencial de utilização é ressaltado pelas características de seus frutos, de sabor exótico e rico em vitamina A (Franzon, 2008). É uma arvoreta, ou árvore semidecídua, com altura variando de 4 a 10 m. Os frutos são do tipo drupa, globosos e sulcados, apresentando cores brilhantes desde o laranja, até vermelho ou preto, com polpa carnosa e agri-doce, normalmente com uma a duas sementes (Lorenzi, 2008). No Brasil, os centros de diversidade que possuem a pitangueira como espécie nativa são o Nordeste/Caatinga, Centro-Oeste/Cerrado, Sul/Sudeste e Mata Atlântica (Franzon, 2008).

Considerando que o entendimento do processo de frugivoria por aves em ambientes antropizados é de grande importância para a realização de planos de manejo e implementação de políticas que visem à criação e manutenção de parques dentro das cidades, buscando a conservação da avifauna, os objetivos do presente estudo foram: 1) caracterizar as comunidades de aves consumidoras dos frutos de *Eugenia uniflora* de dois ambientes: um mais antropizado e outro menos antropizado; 2) comparar a avifauna em relação ao comportamento de forrageamento, riqueza, composição de espécies, frequência relativa de visitas e diversidade, e 3) descrever a fenologia, a quantidade de recurso produzido e as características do fruto de *E. uniflora*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Foram amostrados seis indivíduos da espécie *Eugenia uniflora* em duas áreas localizadas na região de Sorocaba, São Paulo, Sudeste do Brasil.

Ambas as áreas apresentam antropização, mas diferem quanto à intensidade do processo, e estão próximas a fragmentos florestais com diferentes características.

Três indivíduos foram observados em uma área urbana do município de Sorocaba, que no presente estudo foi considerada a área mais antropizada, e estão localizados nas coordenadas (+An.1) 23°28'47.23"S e 47°25'25.91"O, (+An.2) 23°28'47.86"S e 47°25'26.57"O, (+An.3) 23°28'44.95"S e 47°25'30.72"O, dois deles (+An.1 e +An.2) encontram-se na área da prefeitura municipal e um (+An.3) na área da Faculdade de Tecnologia – FATEC de Sorocaba. É uma área com grande densidade populacional, possuindo grande número de indústrias, hotéis, bares e avenidas, consequentemente gerando um aumento no consumo de recursos naturais, geração de resíduos, perturbação sonora, poluição do ar e poluição visual (Moraes e Jordão, 2002; Brasil, 2003).

Nas imediações da área de estudo estão presentes alguns remanescentes de vegetação natural distribuídos em fragmentos, que totalizam cerca de 300 hectares. Os indivíduos de *E. uniflora* estão distantes a 750 metros da borda do fragmento mais próximo (Figura 1).

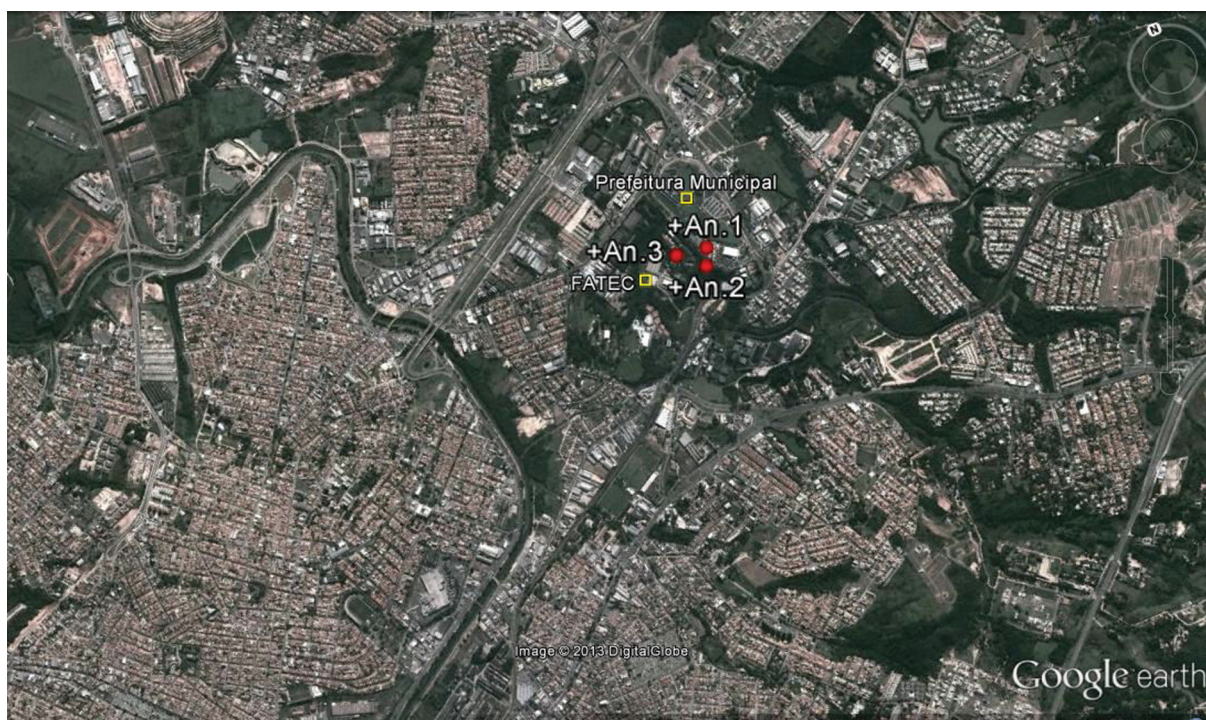


Figura 1. Localização das pitangueiras (+An.1, +An.2 e +An.3) amostradas na área urbana de Sorocaba. Imagem retirada do Google Earth e alterada. Acesso em: 17 jan. 2013.

Figure 1. Locations of the studied trees (+An.1, +An.2 and +An.3) in the Sorocaba urban area. The image was taken from Google Earth. Accessed on: January 17, 2013.

Os outros três indivíduos amostrados encontram-se na área urbana de Araçoiaba da Serra, cidade vizinha de Sorocaba, a qual é constituída por muitas chácaras, sendo considerada como área menos antropizada. É uma área com menor densidade populacional, menor número de fábricas, menor número de estabelecimentos comerciais, menor perturbação sonora em comparação com a área mais antropizada, porém, não deixando de ser uma

área afetada pela ação humana. Os indivíduos de *Eugenia uniflora* estão localizados sob as coordenadas: (-An.1) 23°31'46.82"S e 47°34'15.46"O, (-An.2) 23°31'46.09"S e 47°34'14.84"O, e (-An.3) 23°31'45.96"S e 47°34'15.27"O. No entorno dessa região também estão presentes muitos fragmentos de vegetação natural, totalizando ao menos 290 hectares. Os indivíduos de *E. uniflora* dessa área estão a cerca de 223 metros da borda do fragmento mais próximo (Figura 2).

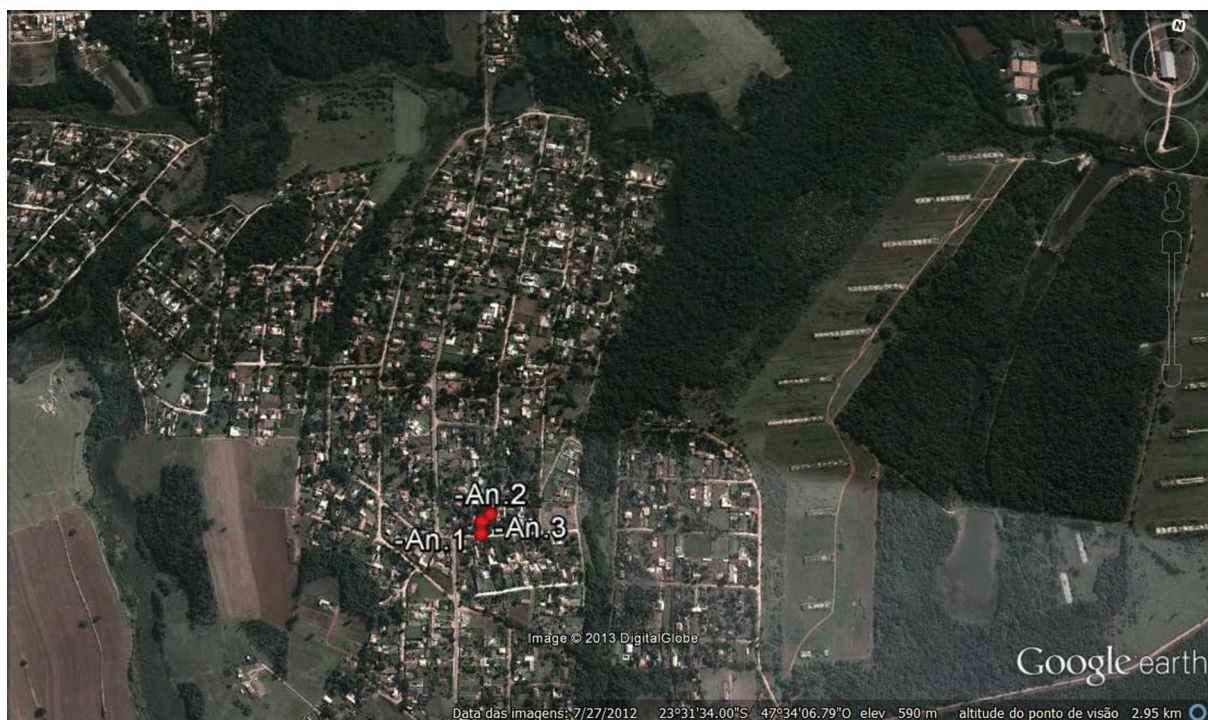


Figura 2. Localização das pitangueiras (-An.1, -An.2 e -An.3) presentes na área urbana de Araçoiaba da Serra. Imagem retirada do Google Earth. Acesso em: 18 jan. 2013.

Figure 2. Locations of the studied trees (-An.1, -An.2 and -An.3) in the Araçoiaba da Serra urban area, SP. The image was taken from Google Earth. Accessed on: January 18, 2013.

2.2 Coleta de Dados

As coletas foram realizadas entre fevereiro e setembro de 2012. A cada 15 dias foram realizadas visitas a campo para descrever os estágios da fenologia. Os estágios reprodutivos foram classificados em: botões, floração propriamente dita, frutos verdes ou imaturos e, frutos maduros ou prontos para dispersão. Para estimar o número de frutos produzidos presentes em cada planta, 15 galhos foram quantificados, contando-se o número de frutos neles presente, e a média destes valores foi multiplicada pelo número total de galhos com frutos (Blake et al., 1990). A porcentagem de frutos verdes e maduros foi estimada visualmente. A quantificação da produção de frutos ocorreu entre os meses de fevereiro e maio para as pitangueiras que frutificaram neste período, apenas para um dos indivíduos a quantificação foi realizada no mês de setembro, pois esta planta não havia frutificado nos primeiros meses do ano. A coleta desses dados foi realizada nos mesmos dias em que ocorreram as amostragens para avifauna.

A descrição do fruto foi feita por meio de 11 exemplares coletados de três indivíduos de *Eugenia uniflora*. Registraram-se nessa etapa dados morfométricos como largura e peso médios dos frutos e das sementes. As medições foram realizadas com o auxílio de paquímetro e balança de precisão, e foram feitas logo após a coleta dos frutos.

A amostragem das aves foi realizada de modo quali/quantitativo, através do método de observação focal, no qual a observação é feita próxima à espécie vegetal com frutos maduros registrando as aves que se alimentam dos frutos, assim como seu comportamento (Galetti et al., 2006). As observações foram feitas durante o período da manhã entre 6h30 e 10h30 e no período da tarde entre 15 e 18 horas. Foram realizadas 57 horas e 30 minutos de

observação na área mais antropizada e 58 horas e 30 minutos na área menos antropizada, totalizando 116 horas de observação focal. As seguintes informações foram registradas: o horário da visita, espécie visitante, o número de indivíduos, tempo de permanência na árvore, o número de frutos consumidos, detalhes do comportamento como modo de captura, manipulação e ingestão do fruto (Galetti et al., 2006). Foi considerada “visita” apenas quando a ave se alimentou dos frutos de *Eugenia uniflora*.

As observações foram feitas com o auxílio de um binóculo (10 x 25), a uma distância mínima de 15 m da planta. Foram realizados registros fotográficos das aves, e as espécies não identificadas em campo tiveram sua vocalização gravada para posterior identificação. Para a identificação das espécies visitantes foram utilizados os guias de campo, Avis Brasilis: Avifauna Brasileira (Sigrist, 2009) e Observando as Aves nas Áreas Verdes de Sorocaba e Região (Regalado, 2007).

As aves foram agrupadas em guildas de acordo com aquelas propostas por Willis (1979), são elas: OD = Onívoros do Dossel; OS = Onívoros do Sub-bosque e ISB = Insetívoros do Sub-bosque. A nomenclatura adotada segue a Lista de Aves do Brasil do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO (2011).

O comportamento de coleta de fruto durante o forrageamento das aves foi padronizado, seguindo Moermond e Denslow (1985) com algumas modificações, sendo: *Hovering* = coletar o fruto em voo, pairando brevemente em sua frente; *Stalling* = coletar o fruto em voo sem pairar; *Picking* = remover o fruto sem assumir posições incomuns ou estender quaisquer partes do corpo; *Reaching* = estender o corpo para alcançar o fruto; *Hanging* = pendurar-se no poleiro com a região ventral voltada para cima. O modo de manipulação e ingestão foi classificado em: engolir o fruto inteiro; mascar e engolir inteiro, e mascar e engolir um pedaço do fruto.

2.3 Análise de Dados

A quantidade de frutos produzidos por *Eugenia uniflora* nos dias de observação focal foi demonstrada através de gráficos de colunas empilhadas.

Foram calculados os índices de diversidade e equidade de Shannon-Wiener ($H' = -\sum P_{iln} (P_i)$) e de similaridade de Jaccard para os dados sobre as aves (Magurran, 1988). A comparação entre a frequência relativa de visitas das espécies de aves compartilhadas por ambas as áreas e o total de frutos consumidos foi feita através do teste χ^2 , com fator de correção de Yates para um grau de liberdade. A relação entre a quantidade de frutos disponível e o número de visitas de aves foi calculada por meio de regressão linear simples. A comparação do tempo de visita e tempo de alimentação foi realizada através de teste t para duas amostras independentes, e a comparação do número de visitas por hora entre as duas áreas e quantidade de frutos maduros produzidos foi feita através de teste de Mann-Whitney. As análises foram realizadas com o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2008).

3 RESULTADOS

3.1 Fenologia de *Eugenia uniflora*

Os indivíduos de *Eugenia uniflora* observados floresceram entre os meses de março e abril, e entre julho e setembro. A produção de frutos ocorreu nos meses de abril, período com maior proporção de frutos maduros (43% maduros e 57% verdes), maio (38% frutos maduros e 62% frutos verdes) e setembro (35% frutos maduros e 65% frutos verdes). Houve, também, produção esporádica de frutos durante os meses de fevereiro, março e agosto. Os estágios fenológicos de *E. uniflora*, registrados no período de estudo, podem ser observados na Figura 3.

Os dados morfológicos dos frutos ($N = 11$) (média $\pm$ desvio-padrão) foram: largura de $2 \pm 0,14$ cm, comprimento de $1,85 \pm 0,10$ cm e peso de $3,10 \pm 0,62$ g, todos os frutos apresentaram uma única semente e variaram nas cores amarelo, alaranjado e vermelho. As sementes tiveram largura de $1,25 \pm 0,12$ cm, comprimento de $0,97 \pm 0,04$ cm e peso de $0,43 \pm 0,27$ g.

Os números absolutos da quantidade de frutos maduros e verdes produzidos pelos indivíduos de *Eugenia uniflora* podem ser observados na Figura 4. A quantidade de frutos produzidos por *E. uniflora* foi significativamente diferente entre as áreas, sendo superior na área menos antropizada ($U = 2,32$; $p = 0,0102$) (Figura 5).

Indivíduos	Meses							
	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
+An.1	_oooo					 xxxxxxxx.....xxx _oooooooo		
+An.2	xxxxxxxxx _ooooxxx _oooooooooooooooo					xxxxxxxxxxx _oooooooooooo		
+An.3		xxx _xxx _oooo _oooo				xxxxxxxxx _oooo		
-An.1	xxxxxxxx _oooo _xxx _oooooooooooooooo					xxxxxxxxxxx _oooooooooooo		
-An.2	xxxxxxxx _oooo _xxx _oooo _ooo						xxx _oooo	
-An.3						xxxxxxxx _ooooxxx _oooo		

Figura 3. Fenologia de floração e frutificação de *Eugenia uniflora* em área mais antropizada (+An.1, +An.2 e +An.3) e em área menos antropizada (-An.1, -An.2 e -An.3), entre fevereiro e setembro de 2012 na região de Sorocaba, SP. botões, xxxx floração _ frutos verdes, oooo frutos maduros.

Figure 3. Flowering and fruiting phenology of *Eugenia uniflora* in more disturbed area (+An.1, +An.2 and +An.3), and less disturbed area (-An.1, -An.2 and -An.3), between February and September 2012 in Sorocaba region, SP. buds, xxxx flowers _unripe fruits, oooo ripe fruits.

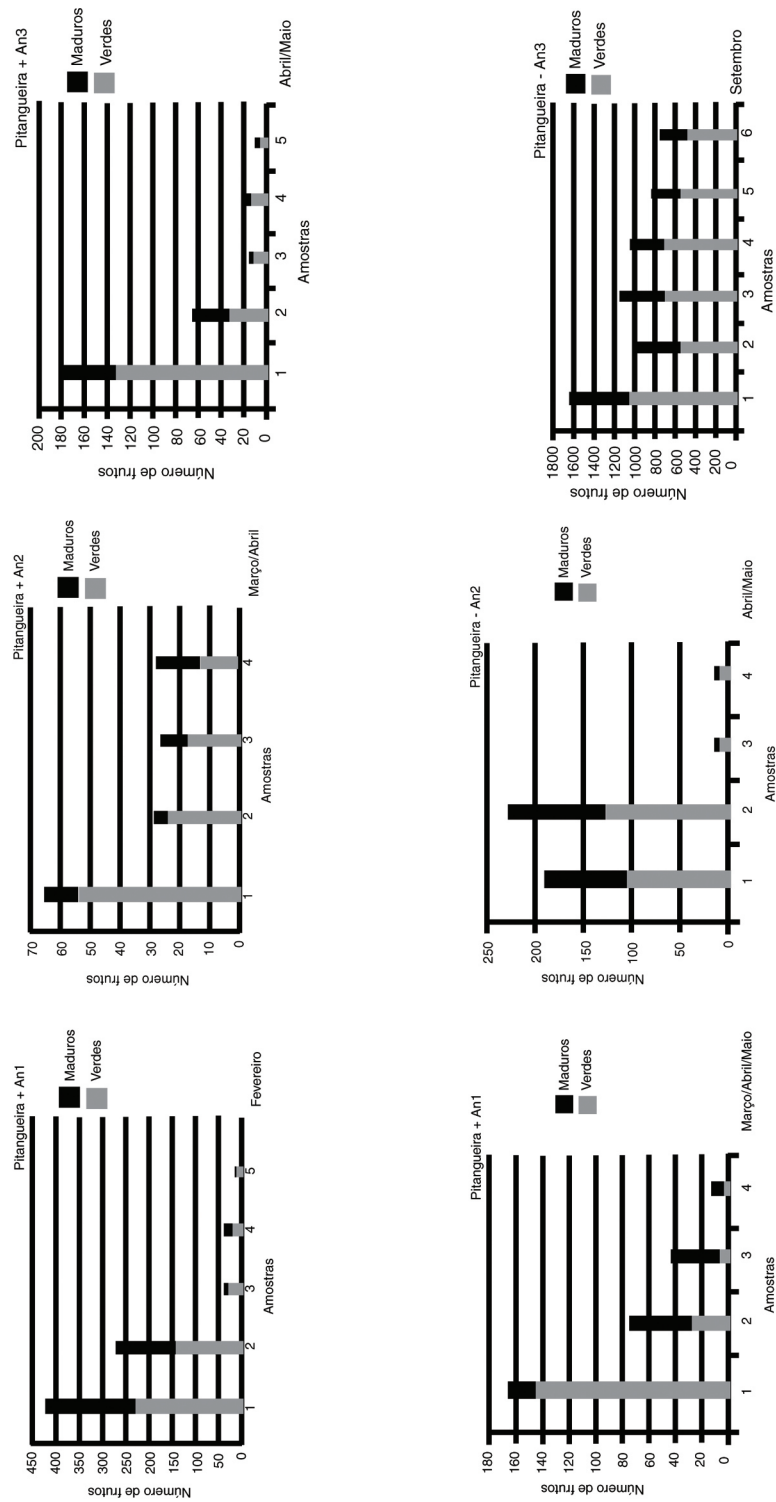


Figura 4. Quantidade de frutos produzidos pelos indivíduos de *Eugenia uniflora* em área mais antropizada (+An.1, +An.2 e +An.3) e área em área menos antropizada (-An.1, -An.2 e -An.3).

Figure 4. Amount of produced fruits by *Eugenia uniflora* trees in more disturbed area (+An.1, +An.2 e +An.3), and less disturbed area (-An.1, -An.2 e -An.3).

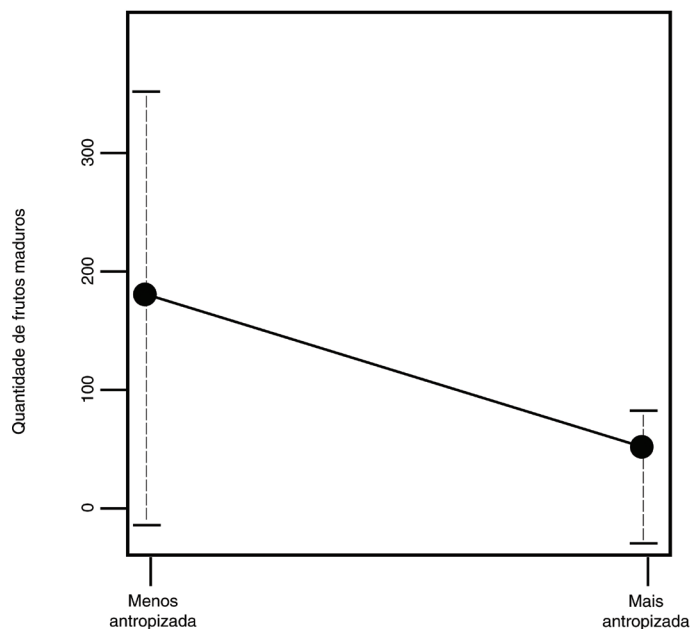


Figura 5. Quantidade de frutos maduros produzidos por área amostrada.

Figure 5. Number of produced mature fruits per sampled area.

3.2 Frugivoria por Aves

Foi registrado um total de sete espécies de aves consumindo os frutos de *Eugenia uniflora*. Destas, seis foram observadas na área menos antropizada e quatro na área mais antropizada. No total, foram detectadas 185 visitas durante o período de amostragem, sendo 48 na área mais antropizada e 137 na área menos antropizada (Tabela 1). A distribuição regular dos frutos expostos sobre toda copa das pitangueiras permitiu que as espécies de aves visitantes utilizassem diferentes táticas de coleta e manipulação dos frutos (Tabela 2).

A diversidade de aves foi maior na área menos antropizada ($H' = 0,43$) que na área mais antropizada ($H' = 0,22$). As duas áreas apresentaram similaridade de 0,43, o que indica uma similaridade da comunidade de aves relativamente baixa. Das três espécies compartilhadas entre as áreas, duas apresentaram frequência de visitas significativamente diferentes entre as mesmas, *Tangara sayaca* ($\chi^2 = 16,74$; $p < 0,0001$) e *Turdus leucomelas* ($\chi^2 = 20,49$; $p < 0,0001$), sendo que ambas foram mais frequentes na área menos antropizada de Araçoiaba da Serra.

Tabela 1. Aves registradas consumindo frutos de *Eugenia uniflora* em dois ambientes urbanos, amostrados na região de Sorocaba – SP. Guildas: OD = Onívoros do Dossel, OS = Onívoros do Sub-bosque e ISB = Insetívoros do Sub-bosque.

Table 1. Recorded birds consuming *Eugenia uniflora* fruits in two urban environments, sampled in Sorocaba region - SP. Guilds: OD = Canopy Omnivores, OS = Understorey Omnivores and ISB = Understorey Insectivores.

Família/Espécie	Nome comum	Guilda	Número de visitas			Frutos consumidos ^b	Tempo das visitas ^c	Tempo de alimentação ^d
			Área mais antropizada	Área menos antropizada	N ^a			
Thamnophilidae								
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	choca-da-mata	ISB	0	1	1	#	#	#
Vireonidae								
<i>Hylophilus poicilotis</i> Temminck, 1822	verdinho-coroadado	OD	2	1	3	1 ± 0	0,66 ± 0,52	0,42 ± 0,13
Turdidae								
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	sabiá-barranco	OS	3	30	33	1,25 ± 0,44	0,62 ± 0,67	0,06 ± 0,14
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	sabiá-poca	OS	0	6	6	1,17 ± 0,41	0,42 ± 0,29	0,09 ± 0,12
Thraupidae								
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	tiê-preto	OS	1	0	1	#	#	#
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaçu-cinzento	OD	42	90	115	1,53 ± 0,96	0,90 ± 0,97	0,36 ± 0,48
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-amarela	OD	0	9	9	1,78 ± 1,64	0,68 ± 0,70	0,22 ± 0,14

^aNúmero de observações com medidas completas do tempo de duração das visitas e do total de frutos consumidos para a espécie usando os dados dos dois ambientes.

^bMédias da quantidade de frutos consumidos nas observações completas (média ± desvio-padrão).

^cMédias do tempo de permanência sobre as plantas nas observações completas (média ± desvio-padrão).

^dMédias do tempo de alimentação da ave sobre as plantas nas observações completas (média ± desvio-padrão).

Tabela 2. Comportamento de forrageio das aves registradas consumindo frutos de *Eugenia uniflora*.Table 2. Foraging behavior of the recorded birds consuming *Eugenia uniflora* fruits .

Espécies	Modo de coleta do fruto				Modo de manipulação e ingestão		
	"Hovering"	"Snatching"	"Picking"	"Reaching"	"Hanging"	Engolir o fruto inteiro	Mascar e engolir inteiro
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hylophilus poicilotis</i> Temminck, 1822	0	0	0	3	0	0	0
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	0	3	6	27	0	22	3
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	0	0	2	4	0	4	1
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	0	5	17	108	3	0	2
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	2	8	0	0	0

A média de visitas por hora foi de: $0,84 \pm 1,25$ para a área mais antropizada de Sorocaba e de $2,32 \pm 3,14$ para a menos antropizada de Araçoiaba. Houve diferença significativa entre o número de visitas por hora entre as áreas mais e menos antropizadas ($U = 2,35$; $p = 0,0093$) (Figura 6). A média do número de visitas por hora para ambas às áreas foi de $1,59 \pm 2,51$.

Na área mais antropizada, a espécie *Tangara sayaca* foi responsável pela maior porcentagem relativa (92%) de consumo de frutos de *Eugenia uniflora*. As demais espécies observadas nesse ambiente foram responsáveis por apenas 8% do total de consumo. Na área menos antropizada, a espécie *Tangara sayaca* também responde pela maior porcentagem relativa de consumo (66%), seguida por *Turdus leucomelas* (22%) (Tabela 3).

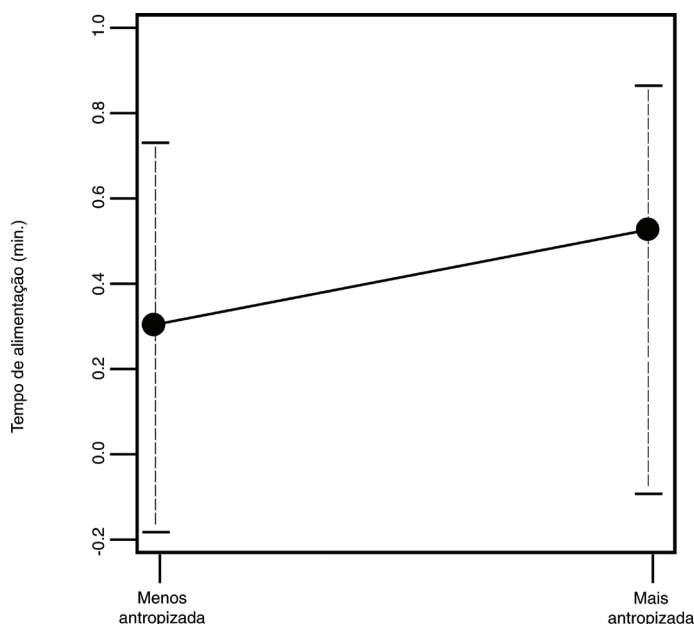


Figura 6. Número de visitas por hora em cada área amostrada.

Figure 6. Number of visits per hour in each sampled area.

Tabela 3. Porcentagem de consumo de frutos de *Eugenia uniflora* nas áreas urbanas

Table 3. Consumption percentage of *Eugenia uniflora* fruits in urban areas.

Espécies	Total de frutos consumidos			
	Área mais antropizada	Porcentagem	Área menos antropizada	Porcentagem
<i>Thamnophilus caerulescens</i> Vieillot, 1816	0	0%	1	0,5%
<i>Hylophilus poicilotis</i> Temminck, 1822	2	3%	1	0,5%
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	3	4%	42	22%
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	0	0%	7	4%
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	1	1%	0	0%
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	67	92%	128	66%
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	0	0%	16	8%

O número total de frutos consumidos pelas aves foi de 73 para a área mais antropizada e 195 para a área menos antropizada. Esses valores se diferiram significativamente entre as duas áreas ($\chi^2 = 54,63$; $p < 0,001$). O tempo de duração das visitas das aves não foi significativamente diferente entre as áreas ($t = -1,58$; $p = 0,058$). Enquanto o tempo gasto com a alimentação foi significativamente superior na área mais antropizada de Sorocaba ($t = -1,83$; $p = 0,0346$) (Figura 7).

Não houve relação entre a quantidade de frutos maduros disponíveis e o tempo de alimentação das aves para as áreas amostradas ($F = 1,78$; $p = 0,1798$). Entretanto, o gráfico mostra uma aparente tendência de relação negativa entre essas duas variáveis (Figura 8).

Houve relação positiva significativa entre a quantidade de frutos produzidos e o número de visitas das aves ($F = 172,68$; $p < 0,0001$) (Figura 9).

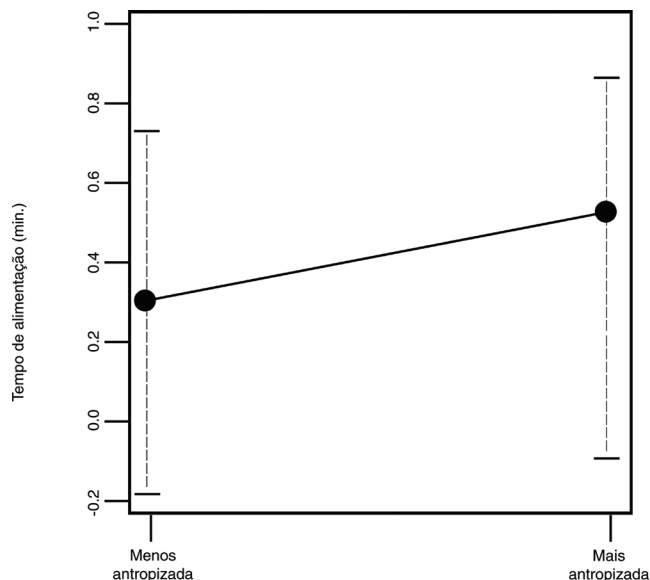


Figura 7. A – Tempo gasto pelas aves com alimentação durante as visitas em cada área amostrada.

Figure 7. A – Birds feeding spent time in each sampled area.

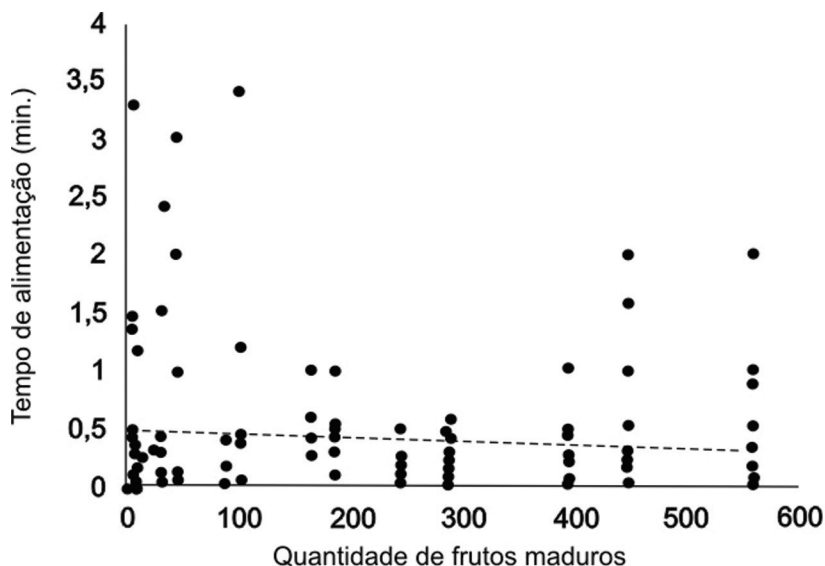


Figura 8. Relação entre a quantidade de frutos maduros disponíveis e o tempo de alimentação das aves em minutos para ambas as áreas de amostragem.

Figure 8. Relationship between the available amount of mature fruits and the feeding duration of the birds in minutes for both sampled areas.

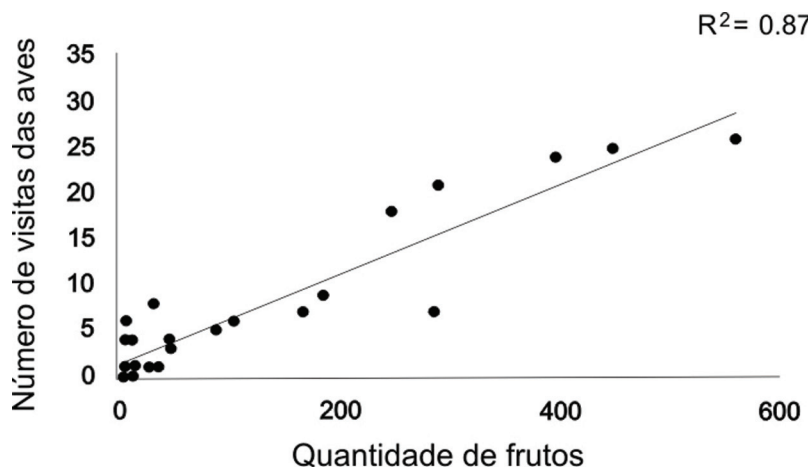


Figura 9. Relação entre a quantidade de frutos produzidos por *Eugenia uniflora* e o número de visitas das aves.

Figure 9. Relationship between the amount of produced fruits by *Eugenia uniflora* and the number of bird visits.

4 DISCUSSÃO

A dispersão zoocórica das sementes de *Eugenia uniflora* apresenta um papel importante na recomposição florestal, seja em áreas de clareira ou na orla das matas, devido à sua característica de planta pioneira (Motta Junior, 1990). *E. uniflora* constitui uma das frutíferas amplamente consumidas pela fauna em geral, além disso, as sementes apresentam uma grande capacidade de se adaptarem a distintos ambientes, favorecendo a disseminação da espécie (Motta Junior, 1990; De Almeida et al., 2012).

Em relação à fenologia de *Eugenia uniflora* observou-se dois momentos de alta produção de frutos ao longo do ano de estudo (um entre abril e maio e outro em setembro), sendo que o amadurecimento dos frutos não foi sincrônico, ou seja, ocorrendo na maioria das amostragens certa quantidade de frutos verdes e maduros. Esse padrão fenológico pode garantir que os frugívoros se desloquem mais ativamente em busca de frutos maduros resultando na maior dispersão das sementes da planta (Gurevitch et al., 2009).

As análises relacionadas à diversidade de aves que consomem os frutos da pitangueira mostram que estes atraíram principalmente espécies onívoras do dossel e do sub-bosque, além de um insetívoro do sub-bosque,

representado pela espécie *Thamnophilus caeruleus*. Segundo Fadini e De Marco Junior (2004), a estrutura trófica de comunidade de aves afetadas pelas perturbações ambientais, leva a um aumento do número de espécies onívoras e diminuição de frugívoros, mesmo onde a disponibilidade de frutos pode variar muito no tempo e no espaço. Esse fato foi confirmado neste estudo realizado em dois ambientes antrópicos, onde 86% dos frutos foram consumidos pelas aves onívoras, e 14% pelas predominantemente insetívoras.

As espécies de aves consumidoras observadas no presente estudo são comuns e frequentes, inclusive em áreas antrópicas (Francisco e Galetti, 2001). A área com menor influência antrópica de Araçoiaba da Serra apresenta fragmentos mais próximos da área de observação, o que provavelmente favoreceu a presença de um número ligeiramente maior de espécies visitantes em comparação com a área mais antropizada de Sorocaba, que apresenta forte influência antrópica e menor proximidade com os fragmentos de vegetação existentes no local do estudo. Segundo Borges e Guilherme (2000), a avifauna de sub-bosque é a mais afetada pela antropização, o que explicaria a perda de espécies mais acentuada nos fragmentos urbanos que são cercados por bairros residenciais.

As aves consumidoras de *Eugenia uniflora* compreendem uma parcela das famílias Thraupidae e Turdidae capazes de executar movimentos em voo para obter o fruto e remoção dos frutos em posições incomuns, enquanto todas as espécies executaram movimentos de estender o corpo para alcançar o fruto. E apenas a espécie *Tangara sayaca* foi capaz de se pendurar no poleiro com a região ventral para cima para capturar os frutos. Espécies como *Tangara sayaca* e *Turdus leucomelas* são comuns em ambientes alterados e foram predominantes em ambas as áreas de estudo, estas espécies consumiram o maior número de frutos na área menos antropizada.

De acordo com Argel de Oliveira (1998), as aves representam um grupo etologicamente tão diversificado, que, de acordo com o tipo de comportamento da espécie, ocorre uma variação no seu grau de eficiência de dispersão. No presente estudo, apenas *Turdus leucomelas* e *Turdus amaurochalinus* foram considerados potenciais dispersores por engolirem os frutos inteiros, sendo a primeira espécie, um dos consumidores de frutos mais abundantes em ambos os ambientes estudados. Segundo Francisco e Galetti (2002), outros estudos realizados indicam a importância dos sabiás para a dispersão de sementes. Já as espécies *Tangara cayana*, *Tachyphonus coronatus*, *Hylophilus poicilotis* e *Thamnophilus caerulescens* apresentaram apenas o comportamento de mascadores. Apesar de dois indivíduos de *Tangara sayaca* terem mascado e depois engolido o fruto inteiro, esta espécie pode não ser boa dispersora, por macerar a polpa dos frutos derrubando muitas sementes sob a planta-mãe (Fonseca e Antunes, 2007).

A maior frequência de visitas de espécies de aves compartilhadas foi encontrada na área menos antropizada, e o maior número de visitas de aves por hora para esta área mostra a importância dos fragmentos para o aumento da diversidade da avifauna. Áreas com forte influência da ação humana, como as áreas urbanas, que ainda conservam parte da vegetação natural ou apresentam áreas com vegetação secundárias como parques e praças, favorecem a manutenção de uma parcela da diversidade da avifauna, sobretudo aquelas adaptadas a esta condição (Matarazzo-Neuberger, 1995).

O resultado da análise da relação da quantidade de frutos maduros e o número de visitas mostrou que plantas com grande quantidade de frutos maduros atraíram mais frugívoros dispersores. Esse resultado pode indicar que existe certa vantagem para as aves em visitar plantas que estejam com muitos frutos maduros, os quais, geralmente, são mais atrativos para os animais comparados a frutos verdes. De modo geral, frutos verdes são pouco atrativos quanto ao sabor e cor, e podem apresentar mecanismos de defesa, como substâncias repelentes (Gurevitch et al., 2009).

O estudo em questão, com indivíduos de *Eugenia uniflora* apresentou resultados semelhantes ao do estudo de Francisco e Galetti (2002) com a espécie *Ocotea pulchella*, que se apresentou como uma espécie generalista quanto ao processo de dispersão, atraindo muitas espécies onívoras e insetívoras, além de produzir grandes quantidades de frutos relativamente pequenos, que se mostram importantes no recurso alimentar desses dispersores.

Um dos fatores que poderia explicar o menor tempo despendido com alimentação na área menos antropizada é a grande quantidade de frutos existentes nas plantas desse local. Isso pode ter proporcionado maior acesso ao recurso, exigindo menos manobras de forrageio e busca pelos frutos maduros, fazendo com que o tempo gasto com alimentação fosse reduzido, otimizando o forrageio.

O tempo de permanência das espécies potencialmente dispersoras sobre as plantas não foi o suficiente para que as aves regurgitassem ou defecassem as sementes, favorecendo, assim, a dispersão das sementes de *Eugenia uniflora*. No entanto, todas as aves consumidoras apresentaram em algum momento o comportamento de levar os frutos no bico para longe das plantas mãe, exceto a espécie *Tachyphonus coronatus*, que consumiu os frutos deixando as sementes nas plantas parentais.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que áreas menos antropizadas, mais arborizadas e com fragmentos mais próximos, como a área de Araçoiaba da Serra estudada, apresentam maior riqueza, frequência relativa de visitas das aves e diversidade de espécies de aves consumidoras de *Eugenia uniflora*, quando comparadas com a área urbana altamente antropizada de Sorocaba. A espécie que se mostrou melhor dispersora potencial de *E. uniflora* foi *Turdus leucomelas*, que foi abundante e ingeriu os frutos inteiros,

aumentando as chances de viabilidade da semente. Independentemente da área de estudo, as aves que consumiram frutos se utilizaram de comportamentos variados durante o forrageamento, e devido à maior quantidade de frutos produzidos na área menos antropizada, as aves despenderam menor tempo na busca dos recursos alimentares.

De acordo com Fonseca e Antunes (2007), espécies vegetais de frutos carnosos também poderiam ser utilizadas para o enriquecimento de áreas, como os reflorestamentos, atraindo mais espécies frugívoras especializadas, e assim auxiliando na recuperação das funções ecológicas destes locais, afetados pela interferência antrópica (Cruz e Piratelli, 2011). *Eugenia uniflora*, por possuir produção de frutos carnosos, atrativos para aves durante grande parte do ano, é uma espécie com grande potencial para políticas de arborização urbana que visem à manutenção da avifauna.

É preciso instituir mais parques, praças e arborizar as vias das cidades com espécies de árvores nativas, incrementando a conectividade entre as áreas verdes, que podem servir como refúgios ecológicos para espécies de fauna, ampliando, desta forma, o fornecimento de abrigos e principalmente a diversificação de fontes de alimentos, o que, consequentemente, aumentaria a abundância e riqueza de aves em áreas urbanas (Guimarães, 2006; Brun et al., 2007).

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – FATEC por permitir o acesso ao estabelecimento para a realização da pesquisa, ao engenheiro Clebson Aparecido Ribeiro, e principalmente à Sra. Clarice Soares e ao Sr. Luiz Carlos Fontes, que permitiram a entrada da autora Nayara Francine Lamberti em sua residência, em Araçoiaba da Serra, para realizar as observações com as pitangueiras. Somos gratas aos dois revisores anônimos pelas críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWADE, M.; METZGER, J.P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v. 33, n. 7, p. 863-871, 2008.
- ARGEL-DE-OLIVEIRA, M.M. Aves que plantam: frugivoria e dispersão de sementes por aves. **Boletim Centro de Estudos Ornitológicos**, n. 13, p. 9-23, 1998.
- AYRES, M.; AYRES, JR.M.D.L.; DOS SANTOS, A.S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDS: MCT: CNPq, 2008. 364 p.
- BLAKE, J.G. et al. Quantifying abundance of fruits for birds in tropical habitats. **Studies in Avian Biology**, v. 13, p. 73-79, 1990.
- BORGES, S.H.; GUILHERME, E. Comunidade de aves em um fragmento florestal urbano em Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Ararajuba**, v. 8, n. 1, p. 17-23, 2000.
- BOSCOLO, D. et al. Importance of interhabitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, v. 40, n. 3, p. 273-276, 2008.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, DF: MMA: SBF, 2003. v 6, 510 p.
- BRUN, F.G.K.; LINK, D.; BRUN, E.J. O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 117-127, 2007.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS – CBRO. **Listas das aves do Brasil 2011**. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 9 jan. 2012.
- CRUZ, B.; PIRATELLI, A.J. Avifauna associada a um trecho urbano do Rio Sorocaba, Sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 4, p. 255-264, 2011.
- DE ALMEIDA, D.J.; FARIA, M.V.; DA SILVA, P.R. Biologia experimental em Pitangueira: uma revisão de cinco décadas de publicações científicas. Ambiência Guarapuava. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 159-175, 2012.

FADINI, R.F.; DE MARCO JUNIOR, P. Interações entre aves frugívoras e plantas em um fragmento de mata atlântica de Minas Gerais. **Revista Ararajuba**, v. 2, p. 97-103, 2004.

FONSECA, F.Y.; ANTUNES, A.Z. Frugivoria e predação de sementes por aves no Parque Estadual Alberto Löfgren. **Rev. Inst. Flor.**, v. 19, n. 2, p. 81-91, 2007.

FRANCHIN, A.G. **Avifauna em áreas urbanas brasileiras, com ênfase em cidades do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba**. 2009. 160 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

FRANCISCO, M.R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Rapanea lancifolia* (Myrsinaceae) por aves numa área de cerrado do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Revista Ararajuba**, v. 9, n. 1, p. 13-19, 2001.

_____. Aves como potenciais dispersoras de sementes de *Ocotea pulchella* Mart. (Lauraceae) numa área de vegetação de cerrado do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 1, p. 11-17, 2002.

FRANZON, R.C. **Propagação vegetativa e modo de reprodução da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.)**. 2008. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GALETTI, M.; ALVES-COSTA, C.P.; CAZETTA, E. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation**, v. 111, n. 2, p. 269-273, 2003.

GALETTI, M.; PIZO, M.A.; MORELLATO, P.C. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN, JR., L.; RUDRAN, R.; PADUA, C.V. **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2006. p. 395.

GOBEIL, J.F.; VILLARD, M.A. Permeability of three boreal forest landscape types to bird movements as determined from experimental translocations. **Oikos**, v. 98, p. 447-458, 2002.

GUIMARÃES, M. Há mais aves nos grandes centros urbanos hoje? **Ciência & Cultura**, v. 58, n. 2, p. 14-15, 2006.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. Crescimento e reprodução de indivíduos. In: GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.

JORDANO, P. et al. Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: DUARTE, C.F.; BERGALLO, H.G.; DOS SANTOS, M.A. **Biologia da conservação: essências**. São Paulo: Rima, 2006. p. 411-436.

LAURANCE, W.F. Comparative responses of five arboreal marsupials to tropical forest fragmentation. **Journal of Mammalogy**, v. 71, p. 641-653, 1990.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2008. 512 p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.

MARCUZZO, S.B. **Métodos e espécies potenciais à restauração de áreas degradadas no Parque Estadual Quarta Colônia, RS**. 2012. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MATARAZZO-NEUBERGER, W.M. Comunidade de cinco parques e praças da Grande São Paulo, estado de São Paulo. **Revista Ararajuba**, v. 3, p. 13-19, 1995.

MOERMOND, T.C.; DENSLOW, J.S. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology and nutrition, with consequences for fruit selection. **Ornithological Monographs**, n. 36, p. 865-897, 1985.

MORAES, D.S. de L.; JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde pública. **Rev. Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

MOTTA JUNIOR, J.C. Estrutura trófica e composição da avifauna de três habitats terrestres na região central do Estado de São Paulo. **Revista Ararajuba**, v. 1, p. 65-71, 1990.

REGALADO, L.B. **Guia de campo**: observando as aves nas áreas verdes de Sorocaba e região. Sorocaba: Paratodos, 2007. 198 p.

SCHERER, A.; MARASCHIN-SILVA, F.; BAPTISTA, L.R.D. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de Restinga no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, n. 1, p. 203-212, 2007.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, v. 404, p. 72-73, 2000.

SIGRIST, T. **Guia de campo Avis Brasilis**: avifauna brasileira. Vinhedo: Avis Brasilis, 2009. 476 p.

SOUSA, M.A.L.B. Maximização das funções ecológicas, ambientais e estéticas das árvores no planejamento da arborização urbana. In: FERRAZ, M.V.; BENDINI, H. do N. (Ed.). WORKSHOP SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA NO VALE DO RIBEIRA, 2009, Registro: UNESP Campus Experimental: Botucatu: FEPAF, 2009. p. 5-14.

STAGGEMEIER, V.G.; GALETTI, M. Impacto humano afeta negativamente e dispersão de sementes de frutos ornitocóricos: uma perspectiva global. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, p. 281-287, 2007.

TABARELLI, M.; BAIDER, C.; MANTOVANI, W. Efeitos da fragmentação na floresta Atlântica da bacia de São Paulo. **Hoehnea**, v. 25, p. 169-86, 1998.

_____.; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 91, p. 119-127, 1999.

TILMAN, D. et al. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**, v. 371, p. 65-66, 1994.

TONHASCA JUNIOR, A. **Ecologia e história natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005. 197 p.

WILLIS, E.O. The composition of avian communities in remanescent woodlots in Southern Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, p. 1-25, 1979.

IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ESTs DE *Eucalyptus* RELACIONADOS A GENES RESPONSÁVEIS PELO ALONGAMENTO CELULAR (NOTA CIENTÍFICA)¹

IDENTIFICATION OF POSSIBLE ESTs OF *Eucalyptus* RELATED TO GENES RESPONSIBLE FOR CELL ELONGATION (SCIENTIFIC NOTE)

Léo ZIMBACK^{2,6}; Edson Seizo MORI³; Mario Luiz Teixeira de MORAES⁴;
Daniel Dias ROSA³; Edson Luiz FURTADO³; Celso Luis MARINO⁵;
Ivan de Godoy MAIA⁵; Carlos Frederico WILCKEN³;
Edivaldo Domingues VELINI³; Iraê Amaral GUERRINI³; Hideyo AOKI²

RESUMO – O objetivo deste estudo foi buscar *in silico* os ESTs do Banco de dados do Genoma de *Eucalyptus* (FORESTs, 2001) correlacionados com genes de alongamento celular envolvidos com crescimento de forma geral. Utilizando bibliotecas de cDNA, nós identificamos agrupamentos de ESTs semelhantes às proteínas controlando alongamento celular registradas no National Center of Biotechnologies Information – NCBI (2002). A busca mostrou similaridade para os seguintes agrupamentos de ESTs: o agrupamento EGEZLV2207D07.g com a enzima esterol delta redutase, EGEQRT4200A01.g com a proteína LKB biossintética de brassinosteróide, EGJMLV2220C06.g com EMBL-transportador mitocondrial half ABC, EGACST6260F07.g e EGMCFB1086B12.g com esterol 22 alfa hidroxilase (CYP90) (P450) e EGEQSL1051D09.g com EGEZSL5201E08.g para a proteína copine.

Palavras-chave: cDNA; mRNA; alinhamento de sequência; similaridade protéica.

ABSTRACT – The objective of study was *in silico* mining of ESTs from *Eucalyptus* ESTs database (FORESTs, 2001) correlated with cell elongation genes of growth character. Using cDNA libraries, we identified similar EST clusters to the proteins involved on control of cell elongation have been registered on National Center of Biotechnologies Information – NCBI (2002). The data mining has shown similarities for the following ESTs clusters: EGEZLV2207D07.g with delta sterol reductase, EGEQRT4200A01.g with LKB brassinosteroid biosynthetic protein, EGJMLV2220C06.g with EMBL-transporter of mitochondrial half ABC, EGACST6260F07.g and EGMCFB1086B12.g with steroid 22- α hydroxylase, and EGEQSL1051D09.g with EGEZSL5201E08.g for copine protein.

Keywords: cDNA; mRNA; protein similarity; sequence alignments.

¹Recebido para análise em 21.05.12. Aceito para publicação em 31.01.13.

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

³UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Caixa Postal 237, 18610-307 Botucatu, São Paulo, Brasil.

⁴UNESP, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia da Escola de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil.

⁵UNESP, Departamento de Genética, Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

⁶Autor para correspondência: lzimback@terra.com.br

1 INTRODUÇÃO

O caráter crescimento em plantas é extremamente complexo quanto ao número de genes e de passos metabólicos direta e indiretamente associados à sua expressão, tais como aqueles relacionados aos processos de fotossíntese, respiração e à síntese de carboidratos, aminoácidos e produtos secundários. O metabolismo vegetal pode envolver centenas de enzimas responsáveis isoladamente por pequenos efeitos no crescimento. A rigor, outros caracteres como tolerância a estresses bióticos e abióticos, florescimento e frutificação, morfologia de folhas, etc., também interferem no crescimento final da planta pela estreita conexão entre a maioria das rotas bioquímicas (Benincasa, 1988). A pesquisa realizada neste trabalho foi direcionada a proteínas reguladoras ou enzimas que mostraram alguma diferença na taxa de crescimento das plantas estudadas.

Trabalhos realizados no estudo de genes envolvidos com crescimento encontraram: alteração na enzima esterol delta redutase, causando nanismo em *Arabidopsis* (Choe et al., 2000), bloqueio da síntese de brassinosteroides no gene BONZAI1 em *Arabidopsis* com efeito homeostático no crescimento (Hua et al., 2001); proteínas envolvidas no caráter dwarf1 em arroz (Tao et al., 1997) e *Arabidopsis* (Takahashi et al., 1995) afetando o alongamento celular; a deficiência da proteína CYP90 do citocromo P450, promovendo alteração de síntese de brassinosteroides para alongamento celular (Szekeres et al., 1996); a mutação no half-ABC transportador de elétrons da mitocôndria causando nanismo e clorose em *Arabidopsis* (Kushnir et al., 2001). Esses trabalhos mostram alguns dos mecanismos que afetam o caráter crescimento provocando nanismo que é um sintoma da diminuição do alongamento celular sendo, portanto, alvo de estudo na identificação *in silico* de ESTs relacionados.

Com os projetos de sequenciamento de genes de plantas, milhares deles estão sendo depositados no National Center of Biotechnologies Information – NCBI. O objetivo deste trabalho foi então identificar ESTs no eucalipto através do banco de dados produzido pelo projeto FORESTs – FAPESP,

com alta similaridade para genes depositados que afetam o alongamento celular e consequentemente o crescimento, para futuros ensaios de validação e uso em seleção genômica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto genoma do eucalipto (FORESTs, 2001) foi desenvolvido por um consórcio de quatro empresas ligadas ao setor florestal em convênio com a FAPESP. Foi realizado com a participação de 20 laboratórios paulistas da Rede AEG (<https://forest.esalq.usp.br>), obtendo 123.889 leituras, a partir de ESTs das bibliotecas de cDNA derivadas de tecidos principalmente de *E. grandis*, de diferentes órgãos da planta, condições de crescimento e ambiente. As bibliotecas foram constituídas a partir de amostras de madeira (WD), casca (BK), botão floral (FB), folha (LV), muda (SL), caule (ST), raiz (RT) e calos (CL). As leituras foram reunidas estatisticamente em agrupamentos por similaridade dentro de cada tecido de origem. As sequências podem ser acessadas com a devida autorização do Coordenador do Consorcio de empresas para estudos científicos.

A busca das proteínas envolvidas com mecanismos de alongamento celular foi efetuada no Laboratório de Genética Florestal da FCA/UNESP em Botucatu, SP, através da ferramenta BLAST (Altschud et al., 1997), que identificou mutantes que tinham o alongamento celular alterado publicados nos trabalhos citados na Introdução. O “drive” de cada sequência de nucleotídeo para comparação foi o NCBI (National Center Biotechnologies Information, 2002) ou geneBank, a partir do qual foram buscadas as sequências homólogas e alinhadas aos agrupamentos e gerado um valor de probabilidade (“e-value”) de não serem diferentes. As árvores foram construídas utilizando o método do vizinho mais próximo, utilizando o programa Clustal-X com 1.000 reamostragens para análise da consistência dos nós, e visualizado pelo programa Tree View.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa de banco de dados de proteínas, foram identificadas proteínas envolvendo o controle do alongamento celular, quando comparadas aos “clusters” de cDNA obtidos de mRNAs do *Eucalyptus* do Projeto FORESTs. A Tabela 1 mostra o resultado da pesquisa considerando os valores de probabilidade abaixo de e^{-80} . Foram identificados agrupamentos com alta similaridade entre sequências de nucleotídeos

relacionados com a proteína biossintética do esteroide delta-redutase, proteína LKB biossintética de brassinosteróide, esteroide 22 alfa hidroxilase (CYP90) e o gene COPINE ou BONZAI1, que foram relatados no NCBI como variantes alélicas indutoras de nanismo, sendo, portanto, os genes de proteínas que têm a função de controlar o alongamento celular, com alta probabilidade dos “clusters” de mRNAs de *Eucalyptus* corresponderem a estes genes que serão discutidos a seguir.

Tabela 1. E-values obtidos entre agrupamentos de ESTs em *Eucalyptus* do projeto FORESTs e a busca de proteínas controlando alongamento celular.

Table 1. E-values obtained between “clusters” of *Eucalyptus* project FORESTs and the search for proteins controlling cell elongation.

Proteína	Organismo	Gene	Acesso	Agrupamentos ESTs	e-value	Consensus
Enzima esteroide delta redutase	<i>Arabidopsis thaliana</i>	DWARF5	AAF63498	EGEZLV2207D07.g	6e -90	5
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	ST7R	AAC49278	EGEZLV2207D07.g	6e -89	5
	<i>Castanea sativa</i>	SR	AAL14611	EGEZLV2207D07.g	e -81	5
Proteína LKB biossintética de brassinosteróide	<i>Gossypium hirsutum</i>	Ghfe1	AAM47602	EGEQRT4200A01.g	0.0	19
	<i>Pisum sativum</i>	LKB	AAK15493	EGEQRT4200A01.g	0.0	19
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	DIM	AAA67055	EGEQRT4200A01.g	0.0	19
EMBL -Transportador Mitochondrial half ABC	<i>Arabidopsis thaliana</i>	STA1	CAB97048	EGJMLV2220C06.g	e -89	1
	<i>Oriza sativa</i>	ATM1	BAA83352	EGJMLV2220C06.g	e -80	1
Esterol 22 alfa hidroxilase (CYP90) (P450)	<i>Arabidopsis thaliana</i>	CYP90	CAA60793	EGMCFB1086B12.g	0.0	1
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	CYP90	CAA60793	EGACST6260F07.g	0.0	3
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	DWF4	NP_190635	EGMCFB1086B12.g	e -92	1
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	DWF4	NP_190635	EGACST6260F07.g	2e -82	3
	<i>Vigna radiata</i>	CYP90A2	AAF89209	EGMCFB1086B12.g	7e-102	1
	<i>Vigna radiata</i>	CYP90A2	AAF89209	EGACST6260F07.g	2e-100	3
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	BON2	NP_568180	EGEQSL1051D09.g	e -117	4
COPINE ou Bonzai	<i>Arabidopsis thaliana</i>	BON2	NP_568180	EGEZSL5201E08.g	e -103	2
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	COPINE	NP_172362	EGEQSL1051D09.g	2e -83	4
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	COPINE	NP_172362	EGEZSL5201E08.g	e -80	2
	<i>Arabidopsis thaliana</i>	COPINE	NP_172362	EGEZSL5201E08.g	e -80	2

Foram encontrados alguns acessos de proteínas envolvidas no alongamento celular já sequenciadas (Figura 1), identificadas como esterol delta redutase modificada, responsável por nanismo, a exemplo da ação do gene DWARF5 em *Arabidopsis thaliana* 1 (Choe et al., 2000) e a sequência estudada por Lecain et al. (1996) do gene ST7R (*A. thaliana* 2). O agrupamento EGEZLV2207D07.g originado de mRNA de folha apresentou-se muito similar a estas seqüências da enzima relatada no NCBI, com alta probabilidade do agrupamento ser o loco do gene em *Eucalyptus*, de modo que variantes alélicas deste loco podem ser explorados para o caráter alongamento celular. Em *Castanea sativa* (Schafleitner e Wilhelm, 2002), para o mesmo gene foi atribuído a sinalização para estresse provocado por ataque de patógeno, modificação da parede celular, metabolismo do esterol e transporte intracelular.

Diminuto (DIM) é um gene descrito em *A. thaliana* 3 (Figura 1) por Takahashi et al. (1995), também afetando o alongamento celular mas ligado ao metabolismo dos brassinosteroides e estreitamente ligado aos genes Dwarf (proteína Ghfe1) de *Gossypium hirsutum*, registrado como acesso AF513859_1 no NCBI e ainda não publicado, também afetando o alongamento celular. Em *Pisum sativum*, a proteína LKB é descrita como controlando o metabolismo de brassinosteroides como uma deficiência na regulação da C-6 oxidase que catalisa 24-metileno colesterol para campesterol (Schultz et al., 2001; Jager et al., 2007). O agrupamento EGEQRT4200A01.g originado de mRNA de raiz assemelhou-se muito com o gene Dwarf (proteína Ghfe1) do algodão, seguido da proteína LKB da ervilha e o gene DIM de *A. thaliana* 3, com grande probabilidade de ser outro locus genético para explorar alelos de alongamento celular.

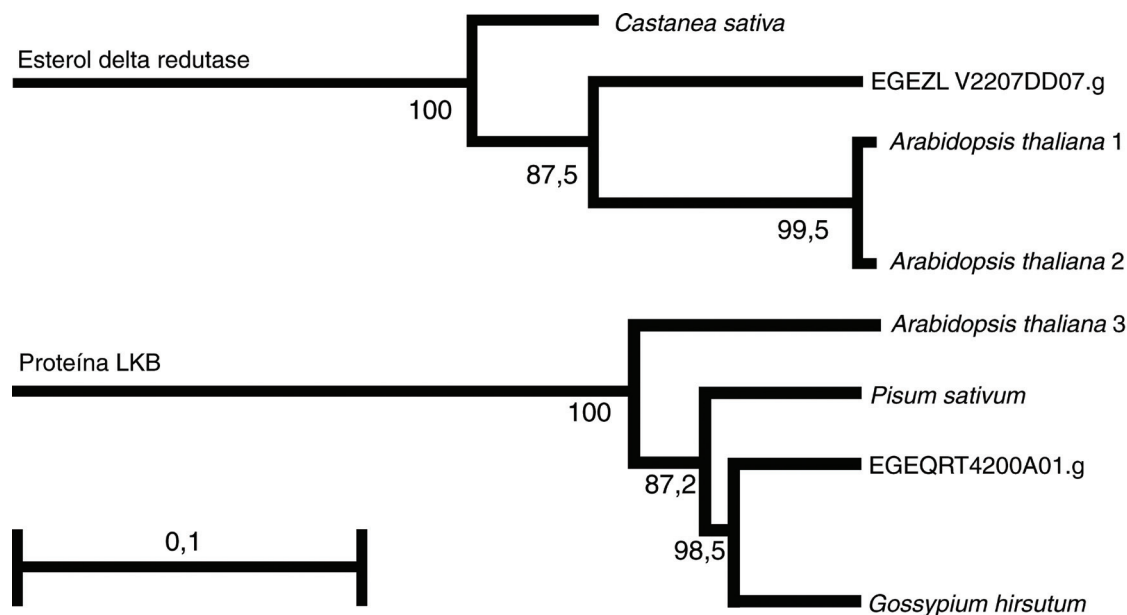


Figura 1. Análise de sequência de aminoácidos de esterol delta redutase e proteína LKB envolvidas no alongamento celular. As seguintes seqüências foram obtidas do EMBL GeneBank: *Castanea sativa* (gi|16118817), *Pisum sativum* (gi|13194621), *Gossypium hirsutum* (gi|21326148), e *Arabidopsis thaliana* (1 gi|1245182, 2 gi|7542561, 3 gi|602302), as quais foram comparadas com os agrupamentos de ESTs em *Eucalyptus* (EG*). A escala é corrigida por múltiplas substituições. O número indica a consistência probabilística do nó, sendo que a barra indica produto de 0,1 substituições do total.

Figure 1. Analysis of amino acid sequences of sterol delta reductase and LKB protein involved in the control of the cellular elongation. The following sequences were taken from the EMBL GeneBank *Castanea sativa* (gi|16118817), *Pisum sativum* (gi|13194621), *Gossypium hirsutum* (gi|21326148), *Arabidopsis thaliana* (1 gi|1245182, 2 gi|7542561, 3 gi|602302), compared to the *Eucalyptus* clusters in figure (EG*). The scale is corrected for multiply substitutions. The numbers indicate the percentage supported for each branch, computed from 1,000 bootstrap resamplings and corresponds to 0.1 substitution per site

Na Figura 2, o agrupamento EGJMLV2220C06.g originado de mRNA de folha apresentou similaridade como transportador mitocondrial half-ABC EMBL de *A. thaliana* 4 publicado por Kushnir et al. (2001), que reportou fenótipo de nanismo e clorose por alteração da proteína, registrado como gene Stal.

É similar à sequência do gene ATM1 de *Oryza sativa* relatado como transportador tipo ABC mitocondrial envolvendo regulação do transporte de FeS na mitocôndria (Cheng et al., 2007). Uma vez confirmado em ensaio de validação, esse gene tem possibilidades de ser explorado na genômica do *Eucalyptus* com suas formas alélicas.

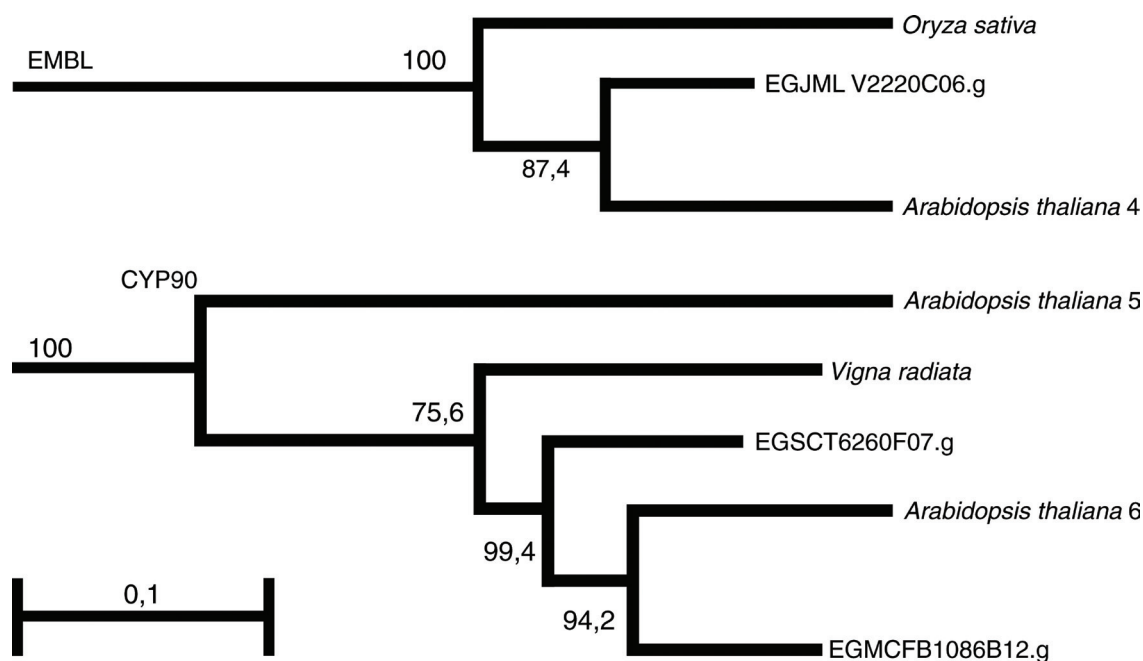


Figura 2. Análise de sequência de aminoácidos de proteínas EMBL e CYP90 envolvidas no alongamento celular. As seguintes seqüências foram obtidas do EMBL GeneBank: *Arabidopsis thaliana* (4 gi|9187883, 5 gi|15229822, 6 gi|15239203), *Vigna radiata* (gi|9587211), e *Oryza sativa* (gi|5734621), as quais foram comparadas com os agrupamentos de ESTs em *Eucalyptus* (EG*). A escala é corrigida por múltiplas substituições. O número indica a consistência probabilística do nó, sendo que a barra indica produto de 0,1 substituições do total.

Figure 2. Figure 2. Analysis of amino acid sequences of EMBL and CYP90 proteins involved in the control of the cellular elongation. The following sequences were taken from the EMBL GeneBank: *Arabidopsis thaliana* (4 gi|9187883, 5 gi|15229822, 6 gi|15239203), *Vigna radiata* (gi|9587211), and *Oryza sativa* (gi|5734621), compared to the *Eucalyptus* clusters in figure (EG*). The scale is corrected for multiply substitutions. The numbers indicate the percentage supported for each branch, computed from 1,000 bootstrap resamplings and corresponds to 0.1 substitution per site.

Surgiu também como resultado de busca o provável mRNA correspondente à proteína esterol 22 alfa hidroxilase (citocromo CYP90B1 de cloroplasto) com a mutação do gene DWF4 (Fujita et al., 2006) causando nanismo em *A. thaliana* 5 (Figura 2), mais distante que os “clusters” EGACST6260F07.g e EGMCFB1086B12.g. Entretanto, estss “clusters” são mais semelhantes às sequências de *Vigna radiata* (citocromo CYP90A2) de Nomura e Bishop (2006) e *A. thaliana* 6 (citocromo CYP90), mostrando serem distintos ou outras formas alélicas. No citocromo CYP90 Szekeres et al. (1996) localizaram a mutação CPD localizada no cromossomo 5-14.3 de *Arabidopsis* com marcação utilizando T-DNA, mutação esta que inibe o alongamento celular controlado pelo hormônio brassinosteroide brassinolideo semelhante à ecdisona. O mutante CPD apresenta pouca estiolação e não ocorre a repressão de genes induzidos pela luz no escuro, assim como exibe o nanismo, macho-esterilidade e ativação de genes que regulam estresse em ambiente de luz. O gene CPD codifica o citocromo P450 (CYP90) que compartilha o mesmo domínio com as enzimas esterol hidroxilases. Para restaurar o fenótipo normal no mutante CPD, foi adicionado o precursor C23-brassinolideo hidroxilado no meio de cultura ou por superexpressão ectópica do cDNA do gene CPD. Brassinosteroides mutantes também podem ser compensados por diferentes genes de alongamento celular em *Arabidopsis*,

tais como os mutantes det, cop, fus, e axr2 (Szekeres et al., 1996), indicando que estes esteróides têm uma série de papéis muito importantes na regulação do desenvolvimento da planta, sendo que os “clusters” de *Eucalyptus* obtidos neste teste de similaridade têm alta probabilidade de serem úteis na seleção genômica do caráter.

Os genes Bonzai 2 de *A. thaliana* 7 e COPINE de *A. thaliana* 8, registrados no NCBI, também causam nanismo e são a mesma proteína copina também registrada como gene Bonzai 1 (Tomsig et al., 2003), mostrando alta similaridade com os “clusters” EGEQSL1051D09.g e EGEZSL5201E08.g na Figura 3. Essa proteína copina liga fosfolipídeos e é dependente da presença do íon Ca^{2+} responsável pela divisão e crescimento celular (Tomsig et al., 2003), que regula o crescimento, exocitose, mitose, apoptose, transcrição e organização da parece celular, porque é uma proteína estrutural da membrana celular que sinaliza muitos passos metabólicos. Neste estudo, não foram observados ESTs de calo, casca e fruto, mas somente de raiz, caule, plântula, folha e gema floral, justamente onde ocorrem maiores taxas de alongamento celular. Estes dois últimos “clusters” foram obtidos de mRNA de plântulas que cresceram em condições de ausência de luz, demonstrando alta probabilidade de terem sido identificados como a proteína em questão, cujas formas alélicas podem ser estudadas para selecionar o caráter alongamento celular após ensaio de validação.

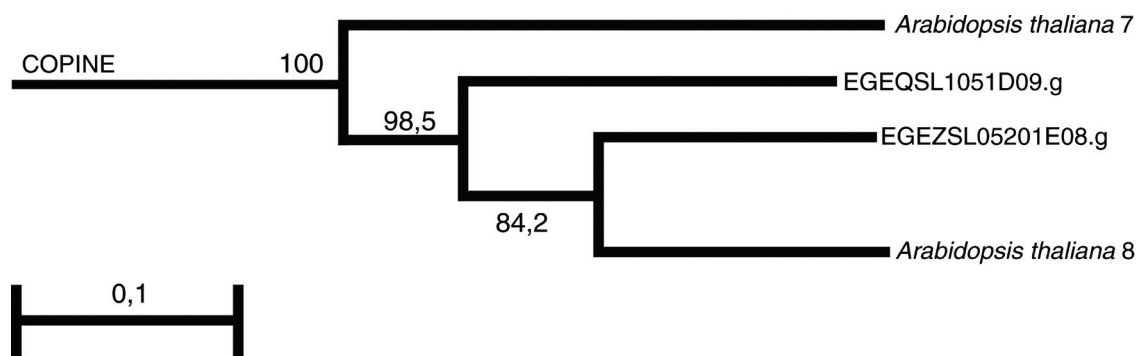


Figura 3. Análise de sequência de aminoácidos de proteína COPINE envolvida no alongamento celular. As seguintes sequências foram obtidas do EMBL GeneBank: *Arabidopsis thaliana* (7 gi| 18415456 e 8 gi| 15223946), as quais foram comparadas com os agrupamentos de ESTs em *Eucalyptus* (EG*). A escala é corrigida por múltiplas substituições. O número indica a consistência probabilística do nó, sendo que a barra indica produto de 0,1 substituições do total.

Figure 3. Analysis of amino acid sequences of COPINE protein involved in the control of the cellular elongation. The following sequences were taken from the EMBL GeneBank: *Arabidopsis thaliana* (7 gi| 18415456, and 8 gi| 15223946), compared to the *Eucalyptus* clusters in figure (EG*). The scale is corrected for multiply substitutions. The numbers indicate the percentage supported for each branch, computed from 1,000 bootstrap resamplings and corresponds to 0.1 substitution per site.

4 CONCLUSÕES

A busca *in silico* possibilitou encontrar sete evidências de relação entre ESTs de *Eucalyptus* e proteínas responsáveis pelo alongamento celular, ocorrendo uma com a enzima esterol delta redutase, uma com a proteína LKB biosintética de brassinosteróide, uma com EMBL-transportador mitochondrial half ABC, duas com esterol 22 alfa hidroxilase (CYP90) (P450) e duas para a proteína copine.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas Fibria, Suzano Bahia Sul, Duratex S/A e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo suporte financeiro e acesso ao banco de dados do Projeto FORESTs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTSCHUD, S.F. et al. Grapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. **Nucleic Acids Research**, v. 25, p. 3389-3402, 1997.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 41 p.
- CHENG, L.J. et al. Mutation in nicotianamine aminotransferase stimulated the Fe(II) acquisition system and led to iron accumulation in rice. **Plant Physiology**, v. 145, p. 1647-1657, 2007.
- CHOE, S. et al. Lesions in the sterol delta reductase gene of *Arabidopsis* cause dwarfism due to a block in brassinosteroid biosynthesis. **Plant Journal**, v. 21, n. 5, p. 431-443, 2000.
- FORESTs: Projeto Genoma do Eucalipto. Disponível em: <<https://forests.esalq.usp.br>>. Acesso em: 1 set. 2001.
- FUJITA, S. et al. *Arabidopsis* CYP90B1 catalyses the early C-22 hydroxylation of C27, C28 and C29 sterols. **The Plant Journal**, v. 45, p. 765-774, 2006.
- HUA, J. et al. Plant growth homeostasis is controlled by the *Arabidopsis* BON1 and BAP1 genes. **Genes Dev.**, v. 15, n. 17, p. 2263-2272, 2001.
- KUSHNIR, S. et al. A mutation of the mitochondrial ABC transporter Stal leads to dwarfism and chlorosis in the *Arabidopsis* mutant starik. **Plant Cell**, v. 13, n. 1, p. 89-100, 2001.
- JAGER, C.E. et al. Characterization of two brassinosteroid C-6 oxidase genes in pea. **Plant Physiology**, v. 143, p. 1894-1904, 2007.
- LECAIN, E. et al. Cloning by metabolic interference in yeast and enzymatic characterization of *Arabidopsis thaliana* sterol delta 7-reductase. **J. Biol. Chem.**, v. 3, n. 271, p. 10866-73, 1996.
- NATIONAL CENTER BIOTECHNOLOGIES INFORMATION – NCBI. Gene Bank. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>>. Acesso em: 1 fev. 2002.
- NOMURA, T.; BISHOP, G.J. Cytochrome P450s in plant steroid hormone synthesis and metabolism. **Phytochem. Rev.**, v. 5, p. 421-432, 2006.
- SCHAFLEITNER, R.; WILHELM, E. Isolation of wound-responsive genes from chestnut (*Castanea sativa*) microstems by mRNA display and their differential expression upon wounding and infection with the chestnut blight fungus (*Chryphonectria parasitica*). **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 61, n. 6, p. 339-348, 2002.
- SCHULTZ, L. et al. Molecular characterization of the brassinosteroid-deficient lkb mutant in pea. **Plant Mol. Biol.**, v. 47, n. 4, p. 491-498, 2001.
- SZEKERES, M. et al. Brassinosteroids rescue the deficiency of CYP90, a cytochrome P450, controlling cell elongation and de-etiolation in *Arabidopsis*. **Cell**, v. 85, n. 2, p. 171-182, 1996.
- TAO, L. et al. Molecular cloning of OSDIM cDNA and its linkage analysis in rice. **Rice Genet. Newsl.**, v. 14, p. 130-132, 1997.
- TAKAHASHI, T. et al. The DIMINUTO gene of *Arabidopsis* is involved in regulating cell elongation. **Genes Dev.**, v. 9, n. 1, p. 97-107, 1995.
- TOMSIG, J.L.; SNYDER, S.L.; CREUTZ, C.E. Identification of targets for calcium signaling through the copine family of proteins. **J. Biol. Chem.**, v. 278, n. 12, p. 10048-10054, 2003.

ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS EM *Eucalyptus grandis* SOB APLICAÇÃO DE BIORREGULADORES NO PERÍODO JUVENIL (NOTA CIENTÍFICA)¹

MORPHOLOGICAL MODIFICATIONS IN *Eucalyptus grandis* WITH APPLICATION OF BIOREGULATORS AT JUVENILE STAGE (SCIENTIFIC NOTE)

Cristiano Bueno de MORAES^{2,7}; Glaucia UESUGI³;
Léo ZIMBACK⁴; Iraê Amaral GUERRINI⁵; Edson Seizo MORI⁶

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo a aplicação dos biorreguladores vegetais paclobutrazol, ácido giberélico e ethefon em mudas de *Eucalyptus grandis*, com o intuito de acompanhar as modificações promovidas pelos hormônios sintéticos durante a fase juvenil. Foram efetuadas avaliações morfológicas como altura (cm) e diâmetro do colo (mm) e medições indiretas do índice de clorofila. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro plantas por parcela. A aplicação de paclobutrazol (PBZ) promoveu alterações morfológicas nas folhas dos indivíduos como: redução no tamanho, modificação da cor e limbo coriáceo. Foram também verificadas redução no comprimento dos internódios, quebra de dormência de gema e desenvolvimento de ramos laterais, redução do porte das plantas (68%) e aumento da quantidade de clorofila (29%). Já o ácido giberélico (GA₃) demonstrou ser substância importante relacionada ao desenvolvimento vegetativo, estimulando o crescimento em altura das plantas (41%), mostrando-se inadequado em promover alterações que indicassem o amadurecimento dos tecidos vegetais. O ethefon não promoveu nenhuma alteração significativa na espécie *Eucalyptus grandis*.

Palavras-chave: melhoramento florestal; fisiologia; reguladores vegetais.

ABSTRACT – This aim of this study was the application of plant bioregulators: paclobutrazol, gibberelic acid, and ethefon in *Eucalyptus grandis* seedlings. Morphologic evaluations were done, as plant height (cm) and stem diameter (mm) and indirect measurement of chlorophyll index. The statistical design was in randomized blocks, through split-plot schedule, with three replications. The paclobutrazol (PBZ) have promoted leaf morphological variations as: accentuation of central nervures, reduction in size, modification in color and coriaceous leaves. We also verified reduction in internode lengths; overcoming seed dormancy, and development of lateral branches, reduction of plant height (68%), increasing of chlorophyll amount (29%). Gibberelic acid (GA₃) have shown to be important chemical related to vegetative development, stimulating plant height growth (41%), showing an inappropriate chemical to promote the maturation in plant tissue. Ethephon did not cause any significant change in *Eucalyptus grandis*.

Keywords: forest improvement; physiology; growth regulation.

¹Recebido para análise em 21.09.12. Aceito para publicação em 01.02.13.

²Aluno de Pós-Graduação em Ciências Florestais – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP – Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

³Aluna de Mestrado em Ciências Florestais – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP – Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁴Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁵Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Departamento de Solos, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁶Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP, Departamento de Melhoramento Vegetal, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil.

⁷Autor para correspondência: Cristiano Bueno de Moraes – cb_moraes2004@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é muito importante para o setor florestal brasileiro. Hoje, sua produtividade de madeira atinge números que partem de 35 a 50 m³ha⁻¹ano⁻¹, dependendo da região (Moraes et al., 2012). Sua característica de rápido crescimento e boa adaptação às condições edafoclimáticas colaboram para a manutenção da ótima produção das florestas plantadas no país (Pires et al., 2011; Zimback et al., 2011).

Dentre as 900 espécies do gênero, uma daquelas que ocupa um lugar de destaque na silvicultura brasileira é o *Eucalyptus grandis*. Ela ocorre naturalmente na Austrália, ao norte do Estado de New South Wales, e ao sul e norte de Queensland, em área de altitude 300 a 900 m, com precipitação pluviométrica que varia de 1.000 a 1.700 mm (Fonseca et al., 2010).

Contudo, mesmo com o avanço das técnicas de melhoramento genético nas últimas décadas com a espécie *E. grandis*, muitas dificuldades ainda são encontradas nos programas de melhoramento, devido a fatores limitantes como o período de florescimento, a idade de ocorrência da primeira floração, a intensidade da floração, a irregularidade do florescimento, o pouco conhecimento dos efeitos dos hormônios vegetais nestes processos, entre outros (Moraes, 2007; Silva et al., 2012).

Para tentar esclarecer um pouco esses problemas, uma alternativa é o estudo com a utilização de hormônios sintéticos que atuam nos processos fisiológicos dos vegetais. Um produto muito utilizado na área florestal, é o inibidor de crescimento paclobutrazol. Ele possui em sua constituição [(2RS – 3RS) – 1 – (4 – clorofenil) – 4, 4, dimetil – 2 – (1H-1,2,4-triazol-1-il) pentan-3-ol], cuja fórmula empírica C₁₅H₂₀ClN₃O, é um composto químico, derivado do triazol, que atua sobre a planta inibindo o crescimento (Wiltshire et al., 1998), agindo também no desenvolvimento reprodutivo (Moncur et al., 1994; Meilan, 1997).

O paclobutrazol promove a inibição da biossíntese de giberelina (Taiz e Zeiger, 2004), provocando modificações morfológicas em determinadas espécies. No caso de angiospermas lenhosas, essa inibição está relacionada à parada do crescimento vegetativo e ao estímulo do desenvolvimento reprodutivo (Williams et al., 2003).

Outro biorregulador muito importante e conhecido é o ácido giberélico (GA₃). Estudos mostram a eficiência das giberelinas como indutoras de brotos vegetativos e no aumento do número de flores (Steffens et al., 1985). Já o ethephon atua liberando etileno no citoplasma das células vegetais. É utilizado principalmente para indução floral de espécies ornamentais. Quando pulverizado em mangueira é prontamente absorvido pelas folhas e translocado na planta. Ao atingir o citoplasma, o ethephon libera o etileno lentamente, permitindo o florescimento (Mendonça et al., 2003).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi apresentar resultados preliminares da avaliação do efeito dos biorreguladores vegetais paclobutrazol (PBZ), ácido giberélico (GA₃) e ethephon em mudas de *E. grandis*, com o intuito de acompanhar as modificações promovidas pelos hormônios sintéticos durante a fase juvenil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimento Lageado/Botucatu–SP, onde fica localizada a Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu/FCA–UNESP, que se encontra a aproximadamente 786 m de altitude e com as seguintes coordenadas geográficas: 22°51' latitude Sul e 48°26' longitude Oeste. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é definido como Cwa: clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C.

Foram utilizadas mudas de *E. grandis*, produzidas no viveiro do Departamento de Ciências Florestais. A semeadura foi realizada em tubetes de 55 cm³, e dois meses após sua realização, as mudas foram transplantadas para saquinhos plásticos de 5 litros. Depois de três meses, foram encaminhadas para a área de plantio e replantadas em recipientes de 20 litros contendo solo classificado como Latossolo Vermelho de Textura Média. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições e quatro plantas por parcela.

As amostras de solo foram coletadas e analisadas quimicamente, cujos resultados, para macro e micronutrientes foram: pH (CaCl₂): 4,2; M.O. (g dm⁻³): 10,0; P (mg dm⁻³): 1,0; H + Al (mmol_c dm⁻³): 37,0; K (mmol_c dm⁻³): 0,1; Ca (mmol_c dm⁻³): 6,0; Mg (mmol_c dm⁻³): 0,0; Al (mmol_c dm⁻³): 2,0; SB (mmol_c dm⁻³): 8,0; CTC (mmol_c dm⁻³): 45,0; V(%): 18,0; S (mmol_c dm⁻³): 6,0; B (mg dm⁻³): 0,12; Cu (mg dm⁻³): 0,2; Fe (mg dm⁻³): 31,0; Mn (mg dm⁻³): 0,2; e Zn (mg dm⁻³): 0,0.

Com base nas análises, o solo dos vasos recebeu calcário na dose de 2,0 t/ha (30,0 g vaso⁻¹). As doses de NPK utilizadas foram: 20 g de Sulfato de Amônio (4 g N g vaso⁻¹), 22,4 g de Superfosfato Triplo (9,18 g P₂O₅ g vaso⁻¹), 4,96 g de Cloreto de Potássio (2,98 g K₂O g vaso⁻¹), 1,76 g Ácido Bórico (0,3 g B g vaso⁻¹) e 2,25 g de Sulfato de Zinco (0,45 g Zn g vaso⁻¹), sendo que da recomendação de adubação acima, 10% foi aplicada na hora do plantio e o restante após três meses.

O produto paclobutrazol (PBZ) foi aplicado nos vasos, aos seis meses de idade, utilizando o produto comercial PP333 – Paclobutrazol diluído em 300 mL de água. As aplicações de ácido giberélico (GA₃) e o ethephon foram realizadas a cada 25 dias, através de pulverização foliar. Nas aplicações foliares foi adicionado um surfatante não iônico na dosagem de 0,05% para facilitar a absorção dos produtos.

Os biorreguladores foram aplicados conforme as seguintes dosagens constituindo os tratamentos:

Testemunha = T1; Paclobutrazol (PBZ) = 100 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹; Ácido giberélico (GA₃) = 30 mg L⁻¹, 60 mg L⁻¹ e 90 mg L⁻¹; Ethephon = 100 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹.

Foram efetuadas avaliações do sexto ao décimo mês de altura (cm), diâmetro do colo (mm) e medições indiretas do índice de clorofila (Minolta, 1989). As análises estatísticas foram realizadas pelo software SAS/STAT (Statistical Analysis System) nos quais as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com diferentes dosagens dos biorreguladores vegetais promoveram alterações morfológicas e biométricas nos indivíduos da espécie, mostrando diferenças significativas a 5% pelo teste F para os caracteres estudados (Tabela 1).

O paclobutrazol (PBZ), por ser um inibidor de crescimento, ocasionou alterações morfológicas que já eram esperadas, uma vez que o produto é classificado como um inibidor da síntese de giberelina, controlando o crescimento dos indivíduos. De acordo com vários autores (Meilan, 1997; Moraes, 2007; Moraes et al., 2012), a redução na concentração de giberelinas em tecidos jovens, provocada pelo PBZ, afeta a elongação das células e, em menor grau, a divisão celular, tendo como consequente efeito a redução do crescimento das plantas.

Os valores obtidos para o CV % variaram de 3,7% a 11,4% para as características (Tabela 1), mostrando uma boa precisão do experimento conduzido. De acordo com Garcia (1989), os coeficientes de variação experimental para espécies florestais, em condições de campo, mesmo em valores superiores aos reportados para outras culturas, revelam boa precisão experimental.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e médias de altura de plantas (cm), diâmetro do colo (mm) e teor de clorofila (SPAD) em plantas de *E. grandis* aos 10 meses de idade.Table 1. Summary of analysis of variance and means plant height (cm), stem diameter (mm) and chlorophyll content (SPAD) on plants of *E. grandis* at 10 months of age.

Tratamentos	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Clorofila (SPAD)
T1 = Testemunha	152,6c	25a	40,6b
PBZ = 100 mg L ⁻¹	44,6d	10d	58,3a
PBZ = 200 mg L ⁻¹	47,6d	11d	59,0a
PBZ = 300 mg L ⁻¹	43,4d	13d	60,0a
GA3 = 30 mg L ⁻¹	236,0a	17,7c	39,0b
GA3 = 60 mg L ⁻¹	244,6a	18,3c	39,7b
GA3 = 90 mg L ⁻¹	263,7a	19,3c	41,0b
Ethefon = 100 mg L ⁻¹	148,0c	22,0b	37,0b
Ethefon = 200 mg L ⁻¹	137,0c	20,7b	40,0b
Ethefon = 300 mg L ⁻¹	138,7c	22,7b	40,7b
Média geral	145,6	18,3	45,6

FV	GL	Quadrado Médio		
		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Clorofila (SPAD)
Trat.	9	20758,3**	77,04**	266,5**
Rep.	2	42,7	18,6	0,83
Erro	18	26,9	4,2	4,8
CV%		3,7	11,4	4,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Means followed by the same letter in the column do not differ significantly by Tukey test at 5% error probability. Significant at 5% and 1% probability, respectively, by F test.

As mudanças morfológicas que se tornaram inicialmente nítidas para o *Eucalyptus grandis* foram nas folhas (Figura 1). Os principais sintomas observados foram: ressecamento das folhas terminais; o limbo das folhas maduras tornou coriáceo; curvamento da nervura principal, coloração verde intensa das folhas e internódios curtos.

O ácido giberélico (GA₃), atuou no crescimento dos indivíduos (41%) de *E. grandis* e também promoveu modificações na área e forma das copas em relação à testemunha, desenvolvendo copas anormais, com folhas alongadas.

Isso ocorreu provavelmente devido ao produto fazer parte da rota química de lignificação das paredes celulares dos vegetais

Os biorreguladores PBZ, GA₃ e ethefon, nas dosagens utilizadas, alteraram o crescimento em altura (cm) das plantas de acordo com os resultados observados na Tabela 1 e Figura 2. Com a aplicação do PBZ, o crescimento das plantas cessou, apresentando redução da altura das mudas em 68% aos dez meses de idade, conforme constatado também por Moraes et al. (2012).



Figura 1. Sintomas iniciais de paclobutrazol em *Eucalyptus grandis*.

Figure 1. Early symptoms of paclobutrazol in *Eucalyptus grandis*.

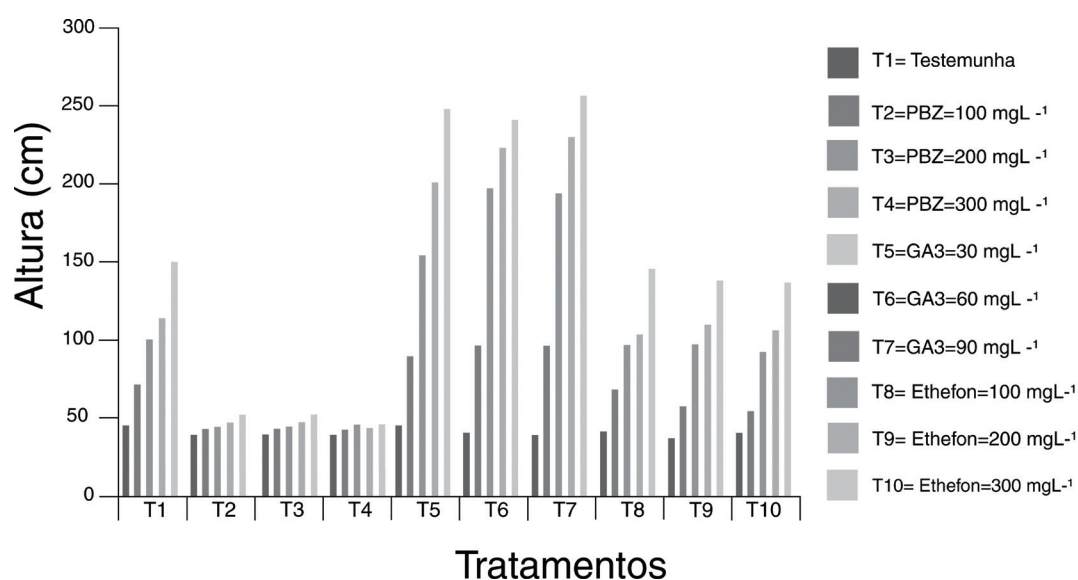


Figura 2. Média de altura (cm) em *E. grandis* sob aplicação de bioreguladores para 5 avaliações.

Figure 2. Average height (cm) *E. grandis* under application of bioregulators during five months.

Segundo Grossmann (1992), quando o PBZ é utilizado em concentrações apropriadas, há alterações morfológicas nítidas nas plantas, sendo a redução na altura uma delas. Griffin et al. (1993), aplicando PBZ via pulverização foliar em árvores de *Eucalyptus nitens*, com dois anos de idade, constataram redução do crescimento em altura das plantas depois de seis meses do tratamento.

O PBZ aplicado parceladamente, via foliar, em mudas de *Eucalyptus globulus*, foi mais efetivo em retardar o crescimento em altura quando comparado à aplicação única na mesma dosagem (Hetherington e Jones, 1990). Hasan e Reid (1995), ao tratarem mudas de *Eucalyptus globulus* com PBZ, também constataram redução da altura dos indivíduos.

A aplicação de diferentes dosagens de PBZ (100 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹) não promoveram diferenças significativas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade entre os tratamentos com para as características estudadas (Tabela 1). Griffin et al. (1993), estudando *Eucalyptus globulus*, observaram que dosagens diferentes não atuaram de forma mais eficientes na inibição do crescimento em altura da mudas, pois os valores encontrados foram muitos similares.

O GA₃ nas dosagens 30 mg L⁻¹, 60 mg L⁻¹ e 90 mg L⁻¹ como apresentado na Tabela 1, provocou um crescimento acelerado dos indivíduos, alongando especialmente os entrenós, em relação à testemunha (T1) e os demais tratamentos. Isto indica a importância desse biorregulador, como substância promotora de crescimento na espécie *E. grandis* (Huttlly e Phillips, 1995; Moraes et al., 2012), podendo ser um ótimo produto para a produção de mudas de espécies florestais que apresenta crescimento vegetativo lento.

As aplicações de ethephon nas dosagens de 100 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹, mostraram que o produto é ineficaz em reduzir porte de plantas ou em acelerar o crescimento de *E. grandis*. Smalle e Straeten (1997), estudando outras espécies constataram que o etileno (ethephon) é um eficiente regulador de crescimento de plantas.

Para diâmetro do colo, os biorreguladores promoveram redução no crescimento do colo das plantas, sendo que a testemunha se mostrou superior aos demais, conforme apresentado na Tabela 1.

Nas dosagens de PBZ 100 mg L⁻¹, 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹ as avaliações do Índice Relativo de Clorofila (Tabela 1) foram superiores à testemunha (T1), que apresentaram cor mais intensa com a diminuição do porte das mudas (29%).

O GA₃ na dosagem de 90 mg L⁻¹ e o ethephon nos tratamentos de 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹ não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento testemunha. Os demais tratamentos aplicadas promoveram alteração na intensidade de cor das folhas. Isso indica que o índice de clorofila pode ser uma característica importante para mostrar o efeito do paclobutrazol na morfologia dos tecidos vegetais.

4 CONCLUSÕES

O PBZ reduziu o porte das plantas, que apresentaram modificações na cor das folhas e no caule se assemelhando ao aspecto de indivíduos adultos e aumento da quantidade de clorofila.

O GA₃ mostrou-se como a principal substância ligada ao desenvolvimento vegetativo da espécie, enquanto o PBZ inibiu a síntese de giberelina, atuando negativamente no desenvolvimento da espécie.

Quanto ao ethephon, nas dosagens utilizadas não corroborou para alterações morfológicas do *E. grandis*.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, nas pessoas de seus dirigentes e relatores, e pelo financiamento para a realização da pesquisa. À professora Elizabeth Orika Ono e ao professor João Domingos Rodrigues, pelo entendimento dos conceitos em biorreguladores vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FONSECA, S.M. et al. Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto. Viçosa–MG: Ed. UFV, 2010. 200 p.
- GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular técnica, 171).
- GRIFFIN, A.R. et al. Effect of paclobutrazol on flower-bud production and vegetative growth in two species of *Eucalyptus*. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 23, p. 640-647, 1993.

- GROSSMANN, K. Plant growth retardants: their mode of action and benefit for physiological research. In: KARSSSEN, C.M.; LOON, L.C. van; VREUGDENHIL, D. (Ed.). **Progress in plant growth regulation**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. p. 788-797.
- HASAN, O.; REID, J.B. Reduction of generation time in *Eucalyptus globulus*. **Plant Growth Regulation**, v. 17, p. 53-60, 1995.
- HETHERINGTON, S.; JONES, K.M. Effectiveness of paclobutrazol in retarding height growth of *Eucalyptus globulus* seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 20, p. 1811-1813, 1990.
- HUTTLY, A.K.; PHILLIPS, A.L. Gibberellin regulated plant genes. **Physiologia Plantarum**, v. 95, p. 310-317, 1995.
- MEILAN, R. Floral induction in woody angiosperms. **New Forests**, v. 14, p. 179-202, 1997.
- MENDONÇA, V. et al. Utilização do paclobutrazol, ethephon e nitrato de potássio na indução floral da mangueira no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1285-1292, 2003.
- MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.
- MONCUR, M.W.; RASMUSSEN, G.F.; HASAN, O. Effect of paclobutrazol on flower-bud production in *Eucalyptus nitens* espalier seed orchards. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 24, p. 46-49, 1994.
- MORAES, C.B. **Variabilidade genética em progênes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sob os efeitos de biorregulador e adubação química**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Genética) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu.
- MORAES, C.B. et al. Biorreguladores e bioestimulantes em polinização controlada: utilização prática. In: WORKSHOP DE MANEJO DE POMARES DE POLINIZAÇÃO CONTROLADA, Lençóis Paulista. **Anais...** p. 9-12. (Série Técnica IPEF, v. 16, n. 37, 2012).
- PIRES, I.E. et al. **Genética florestal**. Viçosa-MG: Arka, 2011. 318 p.
- SILVA, P.H.M.; MORAES, C.B.; MORI, E.S. **Polinização controlada em eucaliptos nas empresas florestais brasileiras**. Piracicaba: IPEF, 2012. 15 p. (Circular Técnica IPEF, n. 204).
- SMALLE, J.; STRAETEN, D. van der Ethylene and vegetative development. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 593-605, 1997.
- STEFFENS, G.L.; BYUN, J.K.; WANG, S.Y. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis system. I: Growth parameter alterations in apple seedlings. **Physiologia Plantarum**, v. 63, p. 163-168, 1985.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT software: changes and enhancements**, release 6.07 ed. Cary, 1992. (SAS Tech. Rep. p-229).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- ZIMBACK, L. et al. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Rev. Inst. Flor.** v. 23, n. 1, p. 57-67, 2011.
- WILLIAMS, D.R.; POTTS, B.M.; SMETHURST, P.J. Promotion of flowering in *Eucalyptus nitens* by paclobutrazol was enhanced by nitrogen fertilizer. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 33, p. 74-81, 2003.
- WILTSHIRE, R.J.E.; POTTS, B.M.; REID, J.B. Genetic control of reproductive and vegetative phase change in the *Eucalyptus risdonii* – *Eucalyptus tenuiramis* complex. **Australian Journal of Botany**, v. 46, p. 45-63, 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 editoradora do periódico.

Normas para Encaminhamento e Apresentação dos Originais

Os originais devem ser encaminhados por *e-mail*, acompanhados de uma carta endereçada ao Editor-Chefe da Comissão Editorial, em que devem constar o título, os autores, a filiação e uma declaração do caráter original e inédito do trabalho.

Editor-Chefe da Comissão Editorial
Instituto Florestal
comissaoeditorial@if.sp.gov.br

Os arquivos devem ser no formato Word em extensão doc. Devem apresentar as seguintes características: papel A4 (210 mm x 297 mm); margens superior, inferior, direita e esquerda de 25 mm; espaço duplo; fonte Times New Roman 11; texto justificado; páginas numeradas a partir da primeira página de texto, não ultrapassando 30 páginas (inclusive tabelas e figuras) para artigos científicos e de revisão e 10 páginas para notas científicas, sendo aceitas exceções, desde que aprovadas pela Comissão Editorial.

A página de rosto deve conter: título do manuscrito, em português e inglês, nome por extenso do(s) autor(es), rodapé com os dados relativos à filiação institucional (instituição, rua, número, CEP, cidade, estado, país) e o e-mail do autor responsável pelo trabalho para correspondência.

Na segunda página devem constar: resumo, palavras-chave, abstract e keywords.

É necessário obedecer a seguinte padronização:

- **Título:** centralizado, em caixa alta e negrito, seguido do título em inglês e título resumido. Deve ser claro, objetivo, conciso, com até 20 palavras, e refletir o conteúdo do trabalho. Devem ser evitadas abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem sua compreensão.
- **Resumo e Abstract:** devem ter até 250 palavras e apresentar sinteticamente a questão que motivou a pesquisa, os objetivos, o material e métodos, os resultados e conclusões. Não têm recuo no texto nem numeração, devem ser iniciados com a palavra em caixa alta e negrito, seguida de traço, começando o texto na mesma linha.
- **Palavras-chave e keywords:** de três a seis, em ordem de importância, não repetindo aquelas utilizadas no título.
- **Tópicos:** em caixa alta, negrito, recuo à esquerda, numerados em algarismos arábicos.
- **Introdução:** apresentar a questão, contextualizar com base na revisão da literatura, explicitar os objetivos e, se necessário, apresentar as hipóteses.
- **Material e Métodos:** deve conter descrições breves, suficientemente claras para permitir a repetição do estudo; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome completo da(s) espécie(s). Mapas podem ser inclusos se forem de extrema relevância e devem apresentar qualidade adequada para impressão. Apresentar as coordenadas geográficas de estudos de campo. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para análise de dados em Resultados deve, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e Métodos. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.

- **Resultados e Discussão:** a separação em dois itens é opcional. Se houver subdivisão deste item, utilizar caixa alta e baixa e negrito.
- **Conclusões:** as conclusões, se houver, devem estar neste item, claramente relacionadas com os objetivos e as hipóteses colocadas na Introdução. Se as conclusões forem poucas e dispensarem um item específico podem finalizar o item anterior.
- **Agradecimentos:** devem ser sucintos; nomes de pessoas e instituições devem ser escritos por extenso, explicitando o porquê dos agradecimentos. Créditos de financiamentos, bolsas e vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos podem ser incluídos.
- **Referências Bibliográficas:** devem ser apresentadas no final do texto, sem recuo, dispostas em ordem alfabética. Para a elaboração deste item, verificar as *Normas para Referências Bibliográficas*.
- **Notas de Rodapé:** devem ser evitadas ao máximo, podendo ser, excepcionalmente, aceitas. Utilizar fonte Arial 7.
- **Ilustrações:** são consideradas ilustrações as Tabelas, Figuras e Quadros. Deverão apresentar chamada no texto, sem abreviatura e com letra inicial em maiúscula. No texto, as ilustrações devem ser inseridas o mais próximo possível da citação. Os títulos das ilustrações devem estar em português e inglês, autoexplicativos, sem negrito e com fonte Times New Roman 10.
 - **Tabelas e Quadros:** nas tabelas e quadros os títulos devem vir em posição superior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Tabela 1. Título.). Recomenda-se não utilizar linhas verticais separando as colunas. Quanto ao sombreamento das linhas de tabelas e quadros, utilizar tons de cinza quando extremamente necessário. As fontes consultadas para a construção das tabelas e outras notas devem ser colocadas após o traço inferior. Enviar as tabelas em arquivo Word.
 - **Figuras:** desenhos, mapas, esquemas, fichas, gráficos e fotografias são considerados como Figura. Nas figuras os títulos devem vir em posição inferior a estas. A primeira linha do título não tem recuo, letra inicial maiúscula, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico e um ponto (ex.: Figura 1. Título.). As fotografias devem ser enviadas em arquivo digital, preferencialmente com extensão JPEG. Devem ser de boa qualidade, ter resolução mínima de 300 DPIs, formato máximo de 150 mm x 100 mm e conter o crédito do(s) autor(es). Não serão aceitas imagens escaneadas com baixa resolução. O tamanho máximo de mapas, esquemas, desenhos, fichas e gráficos deverá ser de 215 mm x 170 mm, incluindo o título e a fonte consultada (se houver). No envio da versão final do trabalho, as figuras deverão vir em arquivos separados.
- **Equações:** devem estar destacadas no texto para facilitar sua leitura. É permitido o uso de uma entrelinha maior, que comporte seus elementos (expoentes, índices e outros). Quando fragmentadas em mais de uma linha, por falta de espaço, devem ser interrompidas antes do sinal de igualdade ou depois dos sinais de adição, subtração, multiplicação e divisão.
- **Siglas e Abreviaturas:** as siglas e abreviaturas devem ser apresentadas em caixa alta. Quando utilizadas pela primeira vez no texto, devem ser precedidas pelo seu significado por extenso, com travessão, ex.: Unidade de Conservação – UC. Siglas internacionais não devem ser traduzidas. Evitar o uso de siglas no Abstract.
- **Nomenclatura Científica:** deve ser abreviada somente quando aparecer mais de uma vez no mesmo parágrafo. Seguir as regras internacionais.
- **Números:** escrever por extenso os números de um até nove, exceto quando seguidos de unidade ou indicarem numeração de tabela ou figura, ex.: três indivíduos, 6,0 m, 2,0-2,5 µm. Para os números decimais utilizar vírgula nos artigos escritos em português ou espanhol, e ponto nos artigos escritos em inglês.
- **Unidades e Medidas:** deve-se utilizar o sistema métrico e o Sistema Internacional de Unidades – SI. Separar as unidades dos valores através de um espaço, exceto para porcentagem, graus, minutos e segundos das coordenadas geográficas. Utilizar abreviaturas sempre que possível e, para as unidades compostas, usar exponenciação e não barras. Ex.: mg.dia⁻¹ em vez de mg/dia⁻¹, µmol.min⁻¹ em vez de µmol/min⁻¹.

Normas para Citação no Texto

A citação no texto deverá apresentar o formato **autor** (inicial maiúscula) + **data**.

Nas citações com dois autores os sobrenomes devem estar ligados por “e”. Ex.: Chaves e Usberti (2003) ou (Chaves e Usberti, 2003).

Nas citações com três ou mais autores, citar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Ex.: Gomes et al. (2008) ou (Gomes et al., 2008).

Nas citações indiretas usar a expressão latina “apud” sem itálico. Ex.: Oliveira (2002) apud Souza (2009).

Nas citações de vários artigos do mesmo autor e mesma data, indicar através de letras minúsculas a, b, c, etc. Ex.: Vrek (2005a, b) ou (Vrek, 2005a, b).

Citações de informações obtidas por meio de comunicação pessoal devem ser evitadas. Porém, se apresentadas, devem vir entre parênteses no texto, com o nome completo do autor. Ex.: (José da Silva, comunicação pessoal).

Dados não publicados devem ser apresentados sempre em nota de rodapé, acompanhados pela expressão “não publicado” entre parênteses.

Citações de dissertações, teses e publicações no prelo devem ser evitadas ao máximo, podendo ser aceitas a critério da Comissão Editorial.

Não serão aceitas citações de resumos simples e monografias ou trabalhos de conclusão de curso.

Normas para Referências Bibliográficas

Deverão ser apresentadas em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es), obedecer a ordem cronológica de publicação. Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es) e mesma data, indicar através de letras minúsculas, ex.: 2005a, 2005b, etc. Para os documentos com mais de três autores, indicar o primeiro autor seguido da expressão latina “et al.” sem itálico. Os nomes dos autores devem ficar separados por ponto e vírgula e as iniciais dos prenomes não devem ter espaço.

Exemplos:

- ***Livro***

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

- ***Capítulo ou Parte de Livro***

HOBBS, R.J.; NORTON, D.A. Ecological filters, thresholds, and gradients in resistance to ecosystem reassembly. In: TEMPERTON, V.M. et al. (Ed.). **Assembly rules and restoration ecology**. London: Island Press, 2007. p. 72-95.

- ***Dissertação/Tese***

MIGLIORINI, A.J. **Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta**. 1986. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

- ***Artigo de Periódico***

YAMAMOTO, L.F.; KINOSHITA, L.S.; MARTINS, F.R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 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, sobrexplotadas, ameaçadas de sobrexplotação 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.

