

# Revista do --- INSTITUTO FLORESTAL

Revista do Instituto Florestal v. 26 n. 2 dez. 2014

**GOVERNADOR DO ESTADO**

Geraldo Alckmin

**SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE**

Rubens Naman Rizek Junior

**DIRETOR GERAL DO INSTITUTO FLORESTAL**

Miguel Luiz Menezes Freitas



ISSN Online 2178-5031

# **Revista do**

---

# **INSTITUTO FLORESTAL**

v. 26 n. 2 p. 131 - 230 dez. 2014

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

São Paulo, Instituto Florestal.

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

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

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

Instituto Florestal  
Rua do Horto, 931  
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](mailto:publica@if.sp.gov.br)

Publicada *on-line* em 31 de janeiro de 2015

Tiragem: 400 exemplares



## CORPO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

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

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

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

### EDITORES/EDITORS

Adriano Wagner Ballarin <i>FCA – UNESP – Botucatu</i>	João Carlos Nucci <i>UFPR</i>
Alexsander Zamorano Antunes <i>Instituto Florestal</i>	Leni Meire Pereira Ribeiro Lima <i>Instituto Florestal</i>
Antonio da Silva <i>Instituto Florestal</i>	Leonardo Alves de Andrade <i>UFPB – Areia</i>
Antonio Ludovico Beraldo <i>FEAGRI – UNICAMP</i>	Lígia de Castro Ettori <i>Instituto Florestal</i>
Beatriz Schwantes Marimon <i>UNEMAT – Nova Xavantina</i>	Maria de Jesus Robim <i>Instituto Florestal</i>
Carla Daniela Câmara <i>UTFPR – Medianeira</i>	Marilda Rapp de Eston <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>
Daysi Vilamajó Alberdi <i>Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba</i>	Paulo Eduardo Telles dos Santos <i>Embrapa Florestas</i>
Gláucia Cortez Ramos de Paula <i>Instituto Florestal</i>	Rosângela Simão Bianchini <i>Instituto de Botânica</i>
Humberto Gallo Júnior <i>Instituto Florestal</i>	Roseli Buzanelli Torres <i>Instituto Agronômico de Campinas</i>
Ingrid Koch <i>UFSCAR – Sorocaba</i>	Solange Terezinha de Lima-Guimarães <i>IGCE – UNESP – Rio Claro</i>
Israel Luiz de Lima <i>Instituto Florestal</i>	

### CONSELHO EDITORIA/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**  
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  
Fátima A. Marino

**CRIAÇÃO DA CAPA**  
**COVER ART**  
Leni Meire Pereira Ribeiro Lima  
Regiane Stella Guzzon

**ANALISTAS/REFEREES**

Andreia de Oliveira Vieira  
*Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Mato Grosso*

Bruna Gonçalves da Silva  
*UNICAMP*

Carolline Zatta Fieker  
*Universidade Federal de São Carlos*

Cecília Khusala Verardi

Dimas Antonio da Silva  
*Instituto Florestal*

Douglas Póvoas de Oliveira  
*Universidade de Cuiabá*

Emerson Galvani  
*USP*

João Carlos Nucci  
*Universidade Federal do Paraná*

Julio Cesar Raposo de Almeida  
*Universidade de Taubaté*

Kleber Andrade da Silva  
*Universidade Federal de Pernambuco*

Léo Zimback  
*Instituto Florestal*

Leonardo Alves de Andrade  
*Universidade Federal da Paraíba*

Mário José Pedro Junior  
*Instituto Agrônomo de Campinas*

Matheus Peres Chagas  
*ESALQ/USP*

Pedro Bond Schwartzburd  
*Universidade Federal de Viçosa*

Regina Yoshie Hirai  
*Instituto de Botânica*

Ugo Leandro Belini  
*Universidade Federal de Santa Catarina*

## SUMÁRIO/CONTENTS

### ARTIGOS CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC ARTICLES

Pinus tropical com potencial para uso em plantios comerciais no Brasil. Tropical pine for commercial planting in Brazil. Marcos Silveira WREGE; Elenice FRITZSON; Jarbas Yukio SHIMIZU; Ananda Virgínia de AGUIAR; Paulo Henrique CARAMORI .....	137-145
Aspectos ambientais da disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário na zona de amortecimento das unidades de conservação do município de Assis – SP. Environmental aspects of solid waste disposition on landfill in buffer zone of protected areas of Assis municipality – SP. Regiane Novais LEITE; Solange BONGIOVANNI .....	147-159
Variação genética para os teores dos macro e micronutrientes após aplicação de 2,4-D em progênies de <i>Eucalyptus grandis</i> . Genetic variation in the levels of macro and micronutrients after 2,4-D application on <i>Eucalyptus grandis</i> progenies. Alexandre Martins FRAGOSO; Edson Seizo MORI; Mario Luiz Teixeira de MORAES .....	161-167
Comparação de aspectos fenológicos e de frugivoria entre a palmeira nativa <i>Euterpe edulis</i> Mart. e a palmeira exótica <i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien (Arecaceae) no Sudeste do Brasil. Comparative fruit phenology and frugivory between the native palm <i>Euterpe edulis</i> Mart. and the exotic palm <i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien (Arecaceae) in southeastern Brazil. Taís OMOTE; Alexsander Zamorano ANTUNES; Ciro Koiti MATSUKUMA .....	169-181
Alterações da relação C/N de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes coberturas vegetais em Brasnorte – MT. Changes in C/N relation of a Red-Yellow Latosol under different plant cultivations in Brasnorte – MT. Cristiane Ramos VIEIRA; Oscarlina Lúcia dos Santos WEBER; Rafael Ferreira LIUTI; José Fernando SCARAMUZZA .....	183-191
Radial variation of wood anatomy and basic density of <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan. Variação radial da anatomia e densidade básica da madeira de <i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan. Eduardo Luiz LONGUI; Israel Luiz de LIMA; Osny Tadeu de AGUIAR; Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM; Itiberê Moura Sckerratt SUCKOW .....	193-201
The influence of abiotic factors on litter deposition in a semiarid area, northeastern Brazil. Influência de fatores abióticos na deposição de serapilheira em uma área semiárida no Nordeste brasileiro. Ivan Jeferson Sampaio DIOGO; Irlaine Rodrigues VIEIRA; Andréa Pereira SILVEIRA; Francisca Soares de ARAÚJO .....	203-213
Sobrevivência de <i>Cyathea atrovirens</i> (Cyatheaceae; Pteridophyta) após desmatamento. Survival of <i>Cyathea atrovirens</i> (Cyatheaceae; Pteridophyta) after deforestation. Vívian TAMAKI; Catarina Carvalho NIEVOLA; Ivomar Aparecido MEDINA; Elisabete Aparecida LOPES; Rogério Mamoru SUZUKI .....	215-225





## PINUS TROPICAL COM POTENCIAL PARA USO EM PLANTIOS COMERCIAIS NO BRASIL<sup>1</sup>

### TROPICAL PINE FOR COMMERCIAL PLANTING IN BRAZIL

Marcos Silveira WREGE<sup>2,5</sup>; Elenice FRITZSON<sup>2</sup>;  
Jarbas Yukio SHIMIZU<sup>3</sup>; Ananda Virgínia de AGUIAR<sup>2</sup>; Paulo Henrique CARAMORI<sup>4</sup>

**RESUMO** – Entre os pinus tropicais, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma variedade natural, oriunda de região com clima tropical na América Central. A espécie se aclimatou bem em várias partes do mundo, em regiões com alta pluviosidade e temperaturas elevadas. Embora não tolere geadas severas, pode ser plantada em partes da região Sul do Brasil onde o clima é mais quente e a frequência de geadas é menor e é indicado para plantio em boa parte do Brasil, em mais de 3,5 milhões de km<sup>2</sup>. Essa é uma variedade que apresenta alto rendimento em madeira de boa qualidade, além de possibilitar a exploração da resina. Neste trabalho, são apresentadas as regiões no Brasil que apresentam potencial para cultivo dessa variedade em regime de silvicultura intensiva, tomando como base sua região de origem no mundo. São indicadas para plantio comercial as zonas com os menores riscos de geada nos estados da região Sul, no Estado de São Paulo e nas demais regiões que oferecem condições climáticas favoráveis, principalmente de disponibilidade hídrica para o desenvolvimento dessa variedade de pinus.

Palavras-chave: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; zoneamento; riscos climáticos; balanço hídrico; evapotranspiração.

**ABSTRACT** – Among tropical pines, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* is a natural variation from the tropical regions of Central America. The species has adapted well in various parts of the world, in regions with high rainfall and high temperatures. Although intolerance to severe frosts, it can be grown in parts of southern Brazil, where the climate is hot, with infrequent frosts and even can be used for commercial planting in over 3.5 million square kilometers. This variety presents high yield in quality wood as well as resin. This work shows regions in Brazil where environmental conditions are favorable for commercial plantations with this variety, by making comparisons with the conditions in its origin. Climatic zones within the Southern Region, as well as in the state of São Paulo and elsewhere with the lowest risks of frost and plenty of water for the development of this pine variety are presented.

Keywords: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; zoning; climate risks; water balance; evapotranspiration.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 03.06.14. Aceito para publicação em 16.09.14.

<sup>2</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba, 83411-000 Colombo, PR, Brasil.

<sup>3</sup>Autônomo. Pesquisador aposentado da Embrapa Florestas. shimizu@embrapa.br

<sup>4</sup>Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, Três Marcos, 86047-902 Londrina, PR, Brasil. pcaramori@gmail.com

<sup>5</sup>Autor para correspondência: Marcos Silveira Wrege – marcos.wrege@embrapa.br

## 1 INTRODUÇÃO

Espécies de pinus vem sendo cultivadas no Brasil há mais de um século e os primeiros plantios utilizando espécies subtropicais iniciaram-se por volta de 1936, estabelecidos pelo Serviço Florestal do Estado de São Paulo, atual Instituto Florestal de São Paulo. Em meados de 1960, iniciaram-se os plantios comerciais nas regiões Sul e Sudeste, sendo que as espécies mais difundidas foram *P. elliottii* e *P. taeda*, introduzidas dos Estados Unidos e, em menor escala, os tropicais *P. caribaea* e *P. oocarpa*. Hoje, estima-se que o plantio de pinus atinja 1.562,782 hectares no Brasil (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF, 2013).

*Pinus caribaea* é um dos pinus mais difundidos no mundo nas regiões tropicais e apresenta três variedades: *hondurensis*, *bahamensis* e *caribaea*. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é originário da América Central, onde o clima é tipicamente tropical, com grandes variações na precipitação pluviométrica, em pequenas extensões de terra e com temperaturas médias anuais elevadas. Sua região de origem estende-se desde o nível do mar até 700 metros s.n.m. (metros sobre o nível do mar), mas pode ser encontrada, também, até 1.000 metros s.n.m. (Shimizu e Sebbenn, 2008).

O crescimento de *P. caribaea* var. *hondurensis* pode chegar a 30 m de altura, com DAP (diâmetro do tronco a 1,3 m de altura) de até 80 cm. Em alguns casos, pode atingir até mesmo 45 m, com DAP de 135 cm em condições climáticas favoráveis. De modo geral, o fuste é reto, com poucas ramificações laterais (Dvorak et al., 2000). A produção de madeira pode variar de 21 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a 43 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> até o terceiro ano após o plantio. Essa é uma variedade de rápido crescimento e produtora de madeira de boa qualidade, além de produzir resina que pode ser extraída comercialmente.

As condições climáticas na região de origem de *P. caribaea* var. *hondurensis* são caracterizadas por temperaturas médias anuais de 22 °C a 27 °C (Dvorak et al., 2000) e pluviosidades médias anuais de 670 mm a 2.400 mm. O déficit hídrico varia de 200 mm a 250 mm (Castro et al., 2010). Como a amplitude das variáveis climáticas na sua região de origem é elevada, desenvolveu a capacidade de se adaptar bem em muitas regiões do mundo. Existem raças geográficas litorâneas, bem como de regiões montanhosas e continentais. Contudo, elas não toleram ambientes onde ocorrem geadas severas.

A distribuição geográfica de *P. caribaea* var. *hondurensis* é mais ampla do que das outras variedades (*bahamensis* e *caribaea*), sugerindo que, provavelmente, estas tenham surgido a partir da primeira, apresentem menor versatilidade para se adaptarem e dependam de nichos mais restritos para se desenvolverem. No processo de adaptação, *P. caribaea* tornou-se capaz de tolerar o fogo rasteiro, por meio da espessa camada de casca desenvolvida no tronco, especialmente do córtex que protege o tecido cambial. As procedências costeiras apresentam especial resiliência aos efeitos dos ventos fortes e salinos, devido à evolução em ambiente litorâneo regularmente fustigado por furacões (International Center for Research in Agroforestry – ICRAF, 2013). A variedade *hondurensis* é a mais plantada, inclusive no Brasil, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste (Aguilar et al., 2011). Neste trabalho, visou-se à identificação de regiões no Brasil que apresentem potencial para o uso de *P. caribaea* var. *hondurensis* em plantios comerciais com baixo risco climático. Isso inclui locais com os menores riscos de geada na região Sul.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Um dos grandes problemas para o uso em plantio comercial de espécies arbóreas tropicais está no risco de ocorrência de geadas, comuns nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, inclusive de espécies de pinus tropicais, como o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Assim, neste trabalho, usou-se o risco de ocorrência de geadas como critério de delimitação de zonas para plantio dessa variedade de pinus nos estados da região Sul do Brasil e para o Estado de São Paulo, onde os riscos de geadas são comuns.

Os riscos de geada foram estabelecidos usando a série temporal de dados climáticos diários dos últimos 30 anos, fornecidos pelas instituições estaduais de pesquisa do Paraná e do Rio Grande do Sul (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR e Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO). Foram usados dados de temperatura mínima do ar e foram calculadas as frequências com que a temperatura chega a menos de 3 °C no mês mais frio do ano (julho). A frequência foi calculada da seguinte maneira (Equação 1):

frequência de geadas =  $(n / 10) \times 100$  (Equação 1);



em que:

n: número de dias, a cada 10 dias, em que a temperatura mínima do ar atinge menos de 3 °C no abrigo meteorológico.

Foi usada a temperatura mínima do ar de 3 °C no abrigo meteorológico (situado a 1,5 metro de altura), considerando-se que a mesma está relacionada à ocorrência de geadas devido ao fenômeno de inversão térmica que ocorre em noites estáveis de inverno, ocasionando um gradiente médio de temperatura, entre o abrigo e a relva, superior a 4 °C. Essa diferença entre a medição feita no abrigo e a relva pode variar entre 3,3 °C a 7 °C (Silva e Sentelhas, 2001; Grodzki et al., 1996).

Por meio de análise estatística multivariada, os riscos de geadas foram calculados e correlacionados com o modelo de superfície do terreno (altitude) e, posteriormente, aos modelos de latitude e de longitude, formando uma equação de regressão linear múltipla, usada em sistema de informações geográficas para mapear os riscos de ocorrência de geadas (Wrege et al., 2011) (Equação 2):

$$\text{risco de geada (0 a 1)} = \alpha + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{longitude} + \delta \times \text{altitude} \quad (\text{Equação 2});$$

em que,

$\alpha$  = constante;

$\beta$  = coeficiente da latitude (representada em graus decimais negativos);

$\chi$  = coeficiente da longitude (representada em graus decimais negativos);

$\delta$  = coeficiente da altitude (metros).

Os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\chi$  e  $\delta$  são apresentados na Tabela 1.

A classificação quanto aos riscos de geadas para as regiões Sul e Sudeste foi feita da seguinte maneira: 1. estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná: a zona foi considerada favorável quando os riscos de geada encontravam-se classificados abaixo de 20%; zona marginal, quando os riscos foram classificados entre 20-30%, e zona desfavorável, quando os riscos eram superiores a 30%; 2. para Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mudou-se a classificação para: zona favorável, quando os riscos foram classificados abaixo de 10%, e zona desfavorável, quando os riscos eram superiores a 10%. Neste último caso, não foi utilizada zona marginal, devido às características desses estados da região Sul, sujeitos à ocorrência de geadas mais fortes, isto é, geadas associadas à ocorrência de temperaturas mínimas absolutas do ar menores e com maior frequência, que inviabilizam o cultivo de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

O modelo de superfície do terreno usado foi o GTOPO30, o qual reproduz as cotas altimétricas do Brasil, elaborado pelo serviço geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS, 2011) a partir de imagens de satélite da Terra. Foram elaborados, também, modelos dos paralelos e dos meridianos (representando o efeito de continentalidade), modelos que reproduzem a latitude e a longitude do Brasil, na escala 1:250.000, como o modelo de superfície do terreno.

Tabela 1. Coeficientes da equação de regressão linear múltipla dos riscos de geada para os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Wrege et al., 2005).

Table 1. Coefficients of the multiple linear regression of frost risk in the states of São Paulo, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul (Wrege et al., 2005).

Estado	Coeficientes da equação de regressão			
	$\alpha$	$\beta$	$\chi$	$\delta$
Estados de São Paulo e Paraná	-2,8864	-0,1081	-0,004937	0,0005165
Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul	-2,6701	-0,09784	0,001844	0,0004057

Para as demais regiões do Brasil, pelo fato das restrições climáticas serem diferentes, foram adotados outros critérios. Utilizaram-se, assim, as temperaturas médias anuais e o balanço hídrico climático (P-ETP), em que P é o total de precipitação pluviométrica de um mês (mm) e ETP é a evapotranspiração potencial acumulada em um mês (mm), calculada pelo método de Thornthwaite (1948) (Wrege et al., 2011), pelas seguintes fórmulas (Equações 3 a 6):

$$ETP = f \times 16 \times (10 \times tmed / I)^a \quad \text{Equação 3;}$$

em que:

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01] \quad \text{(Equação 4);}$$

$$I = \sum_{12}^1 (tmed / 5)^{1,514} \quad \text{(Equação 5);}$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01791 \times I + 0,492 \quad \text{(Equação 6);}$$

em que:

f: representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões;

I: é o índice anual de calor;

a: é a função cúbica do índice anual de calor;

tmed: é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C;

$\sum_{12}^1 tmed$ : é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

A latitude, na equação, foi expressa em graus decimais negativos e serviu para calibrar os valores de ETP para cada local.

Foram somadas as diferenças de P-ETP de cada mês para cada local, totalizando o valor de P-ETP para um ano completo. Quando o valor final foi superior a 250 mm, o local foi considerado favorável para plantio comercial de *P. caribaea* var. *hondurensis*; quando se situava entre 0 – 250 mm, indicou que o local foi considerado marginal e, quando os valores foram negativos, isto é, inferiores a 0 mm, foi considerado indicativo de condição desfavorável ao plantio comercial.

A temperatura média anual do ar foi calculada usando-se as médias entre as mínimas e as máximas diárias. Essas temperaturas e a pluviosidade foram calculadas para todo o Brasil por Hamada et al. (2008). A temperatura maior que 22 °C indica zonas preferenciais, ou entre 21 e 22 °C indica zonas marginais, e menor que 21 °C foi considerada desfavorável ao desenvolvimento de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

Os coeficientes das regressões usadas para o mapeamento da temperatura média anual do ar são apresentados na Tabela 2, sendo feita da mesma forma que o risco de geada, por meio de análise estatística multivariada, em que as temperaturas foram correlacionadas com o modelo de superfície do terreno (altitude), da latitude e da longitude, formando uma equação de regressão linear múltipla, usada em sistema de informações geográficas (Wrege et al., 2011).

O mapa do balanço hídrico climático foi elaborado usando-se geoestatística, por meio de krigagem por indicação, em que são relacionados os pontos dos locais de ocorrência de cada uma das estações pertencentes à rede de estações meteorológicas com os pontos das estações vizinhas.

Tabela 2. Coeficientes das equações de regressão linear múltipla das médias anuais das temperaturas mínimas e máximas do ar (°C) no Brasil (Wrege et al., 2011).

Table 2. Coefficients of multiple linear regression of the annual minimum and maximum temperature (°C) in Brazil (Wrege et al., 2011).

Brasil		Coeficientes da equação de regressão			
		$\alpha$	$\beta$	$\chi$	$\delta$
Coeficientes da equação	Temp. mín.	21,0143	0,107068	-0,01347	-0,00444
	Temp. máx.	29,9644	0,047187	-0,03094	-0,00352

Os mapas dos limites estaduais e do limite federal utilizados foram os do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2001), que são os mapas oficiais do Brasil.

Os mapas foram classificados delimitando-os em zonas com os limites de riscos de geadas, de temperatura e de disponibilidade hídrica necessários ao desenvolvimento de *P. caribaea* var. *hondurensis*, citados anteriormente neste tópico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, existem poucas informações de orientação sobre as melhores regiões para plantio comercial de *P. caribaea* var. *hondurensis* no Brasil, e são exceções os zoneamentos para o estado do Paraná (Fritzsos et al., 2013) e para o Estado do Espírito Santo (Castro et al., 2010). Anteriormente, foram feitos zoneamentos para espécies florestais, incluindo essa variedade para o Paraná e Santa Catarina (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1986; 1988). Golfari e Caser (1977), também fez um zoneamento utilizando metodologia diferente, em função de não existirem séries temporais históricas de clima na época em que o trabalho foi realizado.

Os fatores limitantes para o *P. caribaea* var. *hondurensis* são a geada e o déficit hídrico. Estas mesmas condições foram utilizadas nos zoneamentos realizados por Golfari e Caser (1977) e por Castro et al. (2010). *P. caribaea* var. *hondurensis* tem potencial para ser cultivado em sistema intensivo em boa parte do Brasil (figuras 1 e 2), exceto nas regiões de ocorrência de geadas, como nas zonas de altitude das regiões Sul e Sudeste e onde o déficit hídrico é acentuado, como é o caso do Semiárido do Agreste. Estima-se que a área potencial de plantio comercial de *P. caribaea* var. *hondurensis* seja de pouco mais de 3,5 milhões km<sup>2</sup>, representando mais de 40% da área total do Brasil, que é de aproximadamente 8,5 milhões de km<sup>2</sup>.

No Litoral da região Sul, nos estados do Paraná e de Santa Catarina, o clima é tropical, com elevadas temperaturas e pluviosidade,

semelhante à região de origem de algumas populações de *P. caribaea* var. *hondurensis* (Dvorak et al., 2000), sendo, portanto, uma região recomendada para o plantio comercial.

No Norte do paralelo 23°27'S, ocorre a transição do clima temperado para o tropical, dependendo também do efeito do relevo sobre a temperatura do ar. A cada 100 metros de elevação, ocorre uma redução, em média, de 0,8 °C na temperatura do ar no Estado do Paraná (Fritzsos et al., 2008). Desse modo, o risco de geadas é maior nas zonas de maior altitude. Os riscos de geada são maiores (> 30%) nas seguintes condições: no Estado de São Paulo, a mais de 700 metros; no Estado do Paraná, a mais de 600 metros; em Santa Catarina, a mais de 500 metros; e no Rio Grande do Sul, a mais de 400 metros (Wrege et al., 2011). A zona de clima temperado fica, basicamente, acima dessas altitudes. Portanto, espécies suscetíveis à geada, como *P. caribaea* var. *hondurensis*, podem, a princípio, ser plantadas nos estados da região Sul e de São Paulo, em locais com altitudes inferiores às mencionadas. No entanto, ainda assim existem riscos de ocorrência de geadas esporádicas e fora de época nas zonas de altitude inferior às mencionadas, e o plantio, em muitos casos, deve ser evitado, principalmente onde o microclima for desfavorável (baixadas onde ocorre acúmulo de ar frio, topos de morros, onde as plantas ficam expostas aos ventos fortes e frios vindos do Sul, etc.).

O Litoral do Estado de São Paulo é também propício ao desenvolvimento de *P. caribaea* var. *hondurensis*, enquanto na região centro-oeste do estado, apesar de a temperatura do ar ser mais elevada e o risco de geadas menor (< 20%) do que no restante do estado, é classificada como marginal para o cultivo, por ser uma região de transição do Cerrado para a região Sudeste, com menor disponibilidade hídrica. Nas zonas com altitudes maiores que 700 metros, o risco de geadas é maior (> 30%), tornando a silvicultura intensiva uma atividade de risco para *P. caribaea* var. *hondurensis*.



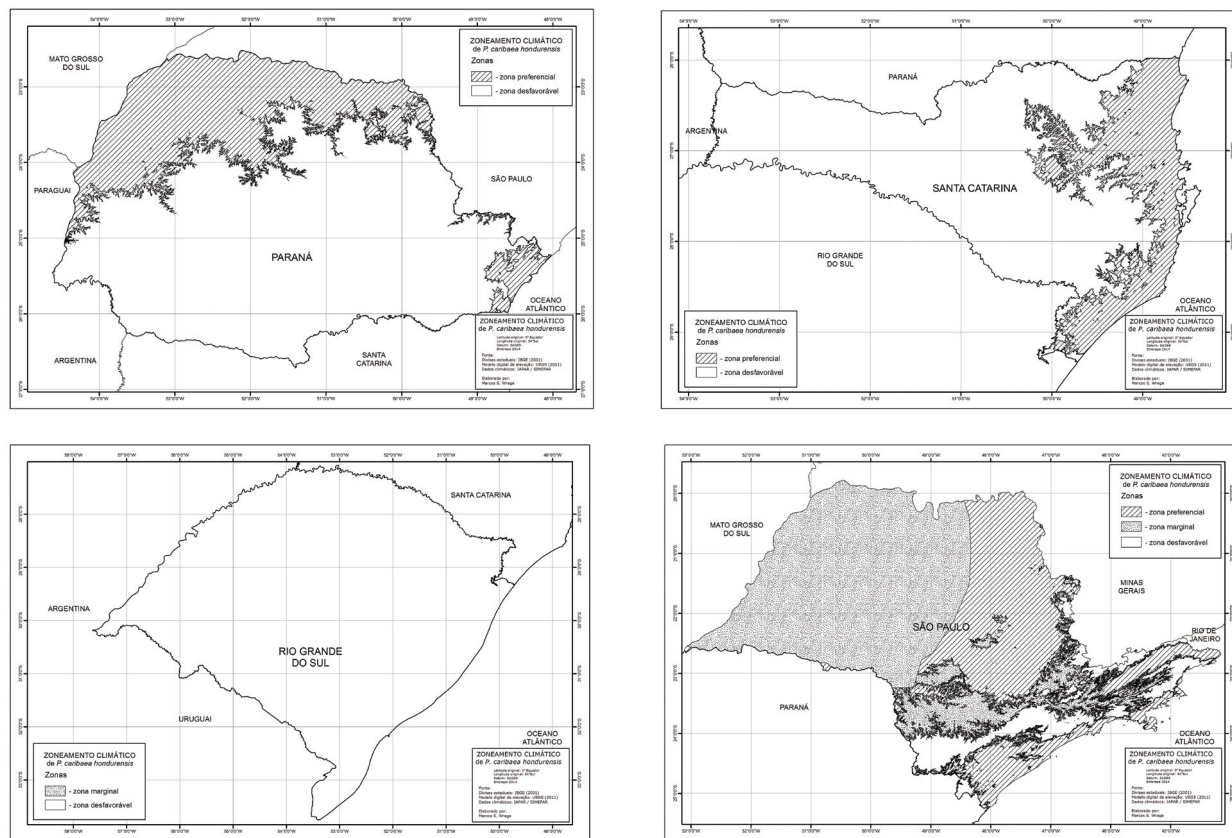


Figura 1. Delimitação de zonas com potencial para plantios comerciais de *P. caribaea* var. *hondurensis* nos estados do Paraná (a), Santa Catarina (b), Rio Grande do Sul (c) e São Paulo (d).

Figure 1. Delimitation of potential areas for commercial plantations of *P. caribaea* var. *hondurensis* in the states of Paraná (a), Santa Catarina (b), Rio Grande do Sul (c) and São Paulo (d).

O sudoeste do Paraná, oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul são as zonas com as maiores pluviosidades médias da região Sul, chegando a quase 2.000 mm acumulados em um ano, na média (Wrege et al., 2011). Em Santa Catarina, as áreas com elevada pluviosidade coincidem com aquelas onde as temperaturas são maiores, embora sujeitas a geadas fracas, isto é, geadas relacionadas com temperaturas do ar mais elevadas e menos frequentes, mas de baixo risco, e onde é indicado o plantio da variedade. No Rio Grande do Sul, embora o Vale do Uruguai seja uma zona de clima quente e de pluviosidade elevada, não é recomendado o plantio comercial, pois ocorrem geadas esporádicas que podem limitar o desenvolvimento. No Paraná, os maiores volumes de chuva ocorrem no sudoeste do Estado,

devido à entrada das frentes frias que trazem as massas úmidas de ar e aumentam os riscos de geada, inclusive nas áreas de menor altitude, como na Foz do Rio Iguaçu. Nessa região do estado, a variação climática é acentuada em decorrência do relevo acidentado, existindo zonas com clima quente próximas de zonas com clima frio, não sendo indicado, portanto, o plantio.

As zonas indicadas neste trabalho (Figura 2), para cultivo comercial no Estado do Paraná, coincidem com as zonas recomendadas no zoneamento para espécies florestais feito em 1986 pela EMBRAPA (1986), que são as regiões bioclimáticas 4 (Planalto Norte do Paraná), 5 (Vale do Ribeira), 6 (Extremo Norte do Paraná) e 7 (Litoral). A região 3 (Oeste do Planalto de Guarapuava) não foi recomendada para plantio comercial neste trabalho, em virtude do elevado risco de geadas.

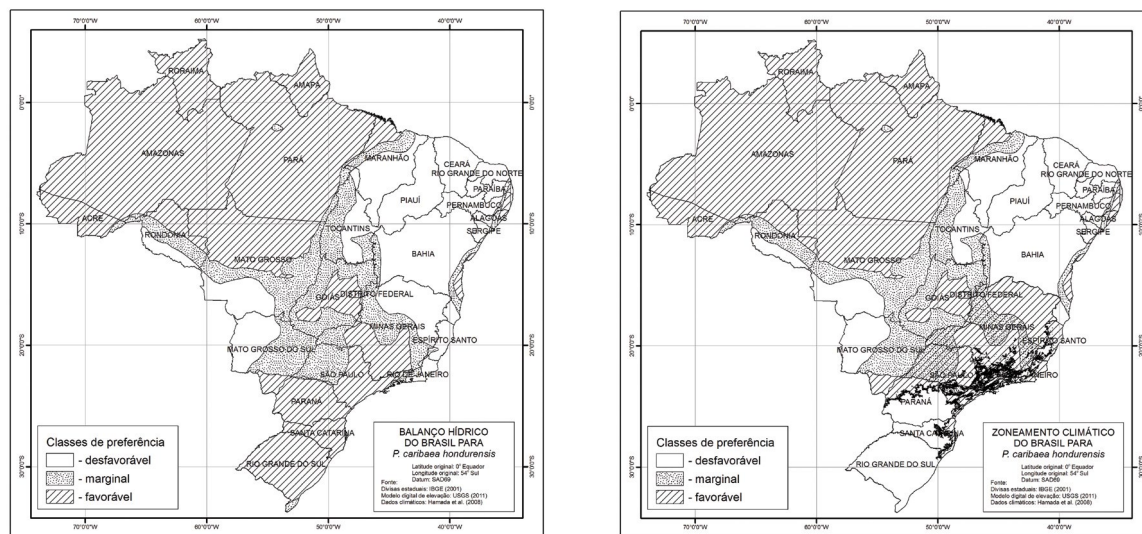


Figura 2. Classificação das zonas de balanço hídrico (a) e delimitação de zonas com potencial para plantio comercial de *P. caribaea* var. *hondurensis* no Brasil (b).

Figure 2. Classification of water balance areas (a) and delineation of potential areas for commercial planting of *P. caribaea* var. *hondurensis* in Brazil (b).

Nas zonas marginais, onde os riscos de geada são de até 20%, deve-se evitar o plantio, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, pois nestes locais ocorre, na média, mais de uma geada forte a cada cinco anos. Nas zonas preferenciais, o risco diminui para 10%, onde, em média, pode ocorrer uma geada forte a cada 10 anos. Deve-se considerar que sempre existe risco de ocorrerem geadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, ainda que em níveis baixos, abaixo de 10%.

Para reduzir os riscos de geada, deve-se realizar o transplântio preferentemente após o período crítico de ocorrência de geadas. De modo geral, esse período se estende entre maio e setembro na região Sul e de maio a agosto na região Sudeste. Deve-se considerar que tanto a ocorrência de geadas quanto a de estiagens é menor nas zonas litorâneas do Paraná e de Santa Catarina.

Nas regiões tropicais do Brasil, a temperatura do ar é elevada e o risco de geadas é baixo, embora o Estado de Mato Grosso do Sul esteja sujeito à entrada de sistemas frontais mais intensos que no interior paulista. O Semiárido, no Agreste Nordestino, é a região que menos se assemelha à região de origem de *P. caribaea* var. *hondurensis*, por causa do regime pluviométrico e do menor volume de chuvas. Na região Nordeste, também existe uma grande variabilidade climática,

ocorrendo desde zonas com reduzidos volumes totais de chuva, como no Semiárido (em torno de 600 a 800 mm ano<sup>-1</sup>), até zonas com índices elevados, como na Zona da Mata (> 1.500 mm ano<sup>-1</sup>) (Kousky e Chu, 1978). O limite crítico para o desenvolvimento de *P. caribaea* var. *hondurensis* é de 670 mm ano<sup>-1</sup> (menor média de pluviosidade acumulada em um ano que ocorre na região de origem deste pinus). O Litoral e o noroeste do Maranhão são zonas recomendadas para o plantio onde, na região Nordeste, são os locais em que as condições climáticas são atendidas (Hastenrath e Heller, 1977). As zonas recomendadas para o plantio são semelhantes ao zoneamento feito por Golfari e Caser (1977).

Na região Centro-Oeste, onde predomina o Cerrado, ocorre um período seco característico no inverno, que pode durar mais de quatro meses e interferir na produtividade do pinus. No entanto, a temperatura do ar é favorável ao desenvolvimento. Esta região é considerada marginal, por causa do balanço hídrico, que dificulta o desenvolvimento, com a possibilidade da produtividade ser menor que em outras regiões, mas por ser uma espécie perene, não o impede, exceto no primeiro ano, quando podem ser necessárias regas para o estabelecimento dos plantios, dependendo da época do plantio.

A região Norte do país é a que mais se assemelha à região de origem do *pinus tropical*, principalmente em relação ao regime pluviométrico. Apesar disso, na Amazônia também existem variações do clima, incluindo o regime de chuvas, em que podem ocorrer estiagens prejudiciais à produção agrícola e florestal, sendo que estas estiagens têm se tornado mais comuns nos últimos anos (Saatchia et al., 2012). Existem referências de plantios feitos no passado, em larga escala, na região do Jarí, Estado do Pará (Golfari et al., 1978).

O zoneamento feito está de acordo com outros trabalhos realizados anteriormente (Golfari e Caser, 1977), com muitos pontos em comum, principalmente no balanço hídrico. As temperaturas utilizadas são diferentes, mas os resultados similares, pois, atualmente, conta-se com uma base de dados climáticos mais ampla, com séries temporais com mais de 30 anos de registros e o país é coberto por uma rede de estações meteorológicas com uma melhor resolução espacial. Neste trabalho, foi utilizado sistema de informações geográficas, com o uso de técnicas modernas de geoprocessamento, empregando-se nos mapeamentos regressões lineares múltiplas e geoestatística.

As várias procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* comportam-se de forma diferente conforme o ambiente e algumas se adaptam melhor que outras em cada região. A escolha da correta procedência é fundamental para o êxito dos plantios e deve ser feita de acordo com o clima e os solos de cada local. Contudo, estudos desse tipo ainda não foram feitos para essa variedade de *Pinus*.

Este zoneamento teve como base o estudo de regiões consideradas ótimas para o plantio considerando-se o aspecto climático, visando dar orientações sobre o estabelecimento de plantios comerciais de *P. caribaea* var. *hondurensis*. No entanto, é importante alertar que o êxito dos plantios comerciais de *pinus* não depende somente das boas condições climáticas, mas também das boas condições de solos.

#### 4 CONCLUSÕES

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* pode ser usado para plantios comerciais em regime de silvicultura intensiva em pouco mais de 40% do território brasileiro, incluindo as regiões Nordeste e Sul.

Existem, porém, regiões mais apropriadas que outras para esse fim. São locais onde não só o clima é mais quente, com menores riscos de ocorrência de geada, mas também onde as estiagens são menos frequentes.

Na região Sul do Brasil, existem zonas mais propícias para a silvicultura intensiva com *P. caribaea* var. *hondurensis*, sendo que as zonas marginais, em termos climáticos, que são caracterizadas por baixadas onde ocorre acúmulo de ar frio no inverno, os corredores de ventos frios e os topos de morro que sofrem a ação de ventos fortes vindos do Sul, devem ser usadas com cautela, devido aos riscos climáticos. Em um primeiro momento, tais locais podem ser usados para fins de experimentação ou no máximo para plantios concentrados nas faces norte, nordeste ou noroeste da propriedade.

Como existem diversas procedências, o sucesso da atividade está muito relacionado à escolha da procedência mais bem adaptada a cada local, onde pode ter maior desenvolvimento em função das características do clima e dos solos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.V.; SOUSA, V.A.; SHIMIZU, J.Y. **Sistemas de produção:** cultivo do *Pinus*. Espécies: *Pinus caribaea*. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/index.htm)>. Acesso em: 14 jun. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 145 p.

CASTRO, F. et al. Zoneamento agroclimático para espécies do gênero *Pinus* no estado do Espírito Santo. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 235-250, 2010. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/17114/11274>>. Acesso em: 14 maio 2013.

DVORAK, W. et al. *Pinus caribaea hondurensis*. In: CONSERVATION and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative. Raleigh: College of Natural Resources, 2000. 234 p.



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1986. 89 p. (Embrapa, Documentos 17).

\_\_\_\_\_. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 113 p. (Embrapa, Documentos 21).

FRITZSON, E.; MANTOVANI, L.E.; AGUIAR, A.V. de. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/902>>. Acesso em: 14 maio 2013.

\_\_\_\_\_. et al. **Carta de zoneamento de *Pinus caribaea* para o estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 24 f. (Embrapa Florestas, Documentos, 254).

GOLFARI, L.; CASER, R.L. **Zoneamento ecológico da região Nordeste para experimentação florestal**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1977. 116 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 10).

\_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte: PRODEPEF, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).

GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A. Risco de ocorrência de geadas no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 93-99, 1996.

HAMADA, E. et al. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 25-73.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazard in the northeast Brazil. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, v. 103, p. 77-92, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malha municipal digital do Brasil, 2001**. Rio de Janeiro, 2001. 1 CD-ROM.

INTERNATIONAL CENTER FOR RESEARCH IN AGROFORESTRY – ICRAF. Disponível em: <<http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Copyright.htm>>. Acesso em: 7 maio 2013.

KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 56, p. 457-465, 1978.

OLIVEIRA, L.T.; PEZZOPANE, J.E.M.; CECÍLIO, R.A. Potencial impacto das mudanças climáticas no zoneamento do Pinus no Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 37-49, 2011.

SAATCHI, S. et al. **Persistent effects of a severe drought on Amazonian forest canopy**. Stanford: Stanford University. Disponível em: <[http://www.yadvindermalhi.org/uploads/1/8/7/6/18767612/saatchi\\_pnas-2012-1204651110.pdf](http://www.yadvindermalhi.org/uploads/1/8/7/6/18767612/saatchi_pnas-2012-1204651110.pdf)>. Acesso em: 2 maio 2014.

SHIMIZU, J.Y.; SEBBENN, A.M. Espécies de pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.

SILVA, J. G.; SENTELHAS, P. C. Diferença entre temperatura mínima do ar medida no abrigo e na relva e probabilidade de sua ocorrência em eventos de geadas no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2001.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS. Survey National Mapping Division. **Global 30 arc second elevation data**. 1999. Disponível em: <<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>>. Acesso em: 10 julho 2011.

WREGE, M.S. et al. Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 1, p. 113-122, 2005.

\_\_\_\_\_. et al. **Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. v. 1, 332 p.



**ASPECTOS AMBIENTAIS DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
EM ATERRO SANITÁRIO NA ZONA DE AMORTECIMENTO  
DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ASSIS – SP<sup>1</sup>**

**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SOLID WASTE DISPOSITION ON LANDFILL  
IN BUFFER ZONE OF PROTECTED AREAS OF ASSIS MUNICIPALITY – SP**

Regiane Novais LEITE<sup>2,3</sup>; Solange BONGIOVANNI<sup>2</sup>

**RESUMO** – A análise dos aspectos ambientais da disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário na zona de amortecimento das unidades de conservação Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis permitiu estimar impactos ambientais negativos, que podem afetar a biodiversidade e recursos naturais destas unidades. Pretendeu-se, através deste trabalho, alertar, por meio de relatório ambiental, o gestor municipal e os órgãos ambientais existentes em Assis sobre a situação dessa área, a fim de promover o encerramento das atividades do aterro e a destinação final correta dos resíduos sólidos gerados no município de Assis. A pesquisa pautou-se na legislação vigente e pertinente e nos métodos descritos pela literatura sobre aterramento de resíduos e impactos ambientais. Foram realizadas idas a campo para observação do cenário. Os aspectos ambientais analisados apresentaram correspondência com impactos ambientais negativos, os quais exibem potencial de causar ao ambiente: perda da qualidade e contaminação do solo, deterioração da qualidade das águas subterrâneas, deterioração da qualidade do ar, perda líquida dos habitats e alteração dos ecossistemas aquáticos e terrestres, e ao meio antrópico: impacto visual, sobre a saúde humana e socioambiental. Faz-se necessária a adoção de medidas mitigadoras, como a descontaminação dessa área após o encerramento do aterro, em prol do reestabelecimento da qualidade dessa paisagem e da minimização dos riscos à saúde pública.

Palavras-chave: Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza; Política Nacional de Resíduos Sólidos; impactos ambientais.

**ABSTRACT** – The analysis of the environmental aspects of solid residue disposal in the landfill in buffer zone at the conservation units State Forest and Assis Ecological Station allows estimating negative environmental impacts, which may affect biodiversity and natural resources of these units. The purpose through this work was to alert, by environmental report, the municipal manager and others environmental agencies of Assis upon the situation of this area, promote the ending of the landfill and the correct disposal of solid waste generated in Assis municipality. The research is based on the actual relevant legislation and methods described in the literature about grounding waste and environmental impacts. Field visits were made to analyze the scenery. Environmental aspects analyzed, showed correspondence with negative environmental impacts, which exhibit potential to cause to the environment: loss of quality and contamination of the soil, deterioration of groundwater quality, deterioration of air quality, net loss of habitat and change aquatic and terrestrial ecosystem, and to the anthropic environment: visual impact on human health and socio-environmental. It is necessary to adopt mitigation instructions, such as decontamination of those areas after the shutdown of the landfill, in favor to reinstate the quality of this landscape and minimize risks to public health.

Keywords: National System of Nature Conservation; National Policy of Solid Waste; environmental impacts.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 14.04.14. Aceito para publicação em 18.09.14.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Avenida Dom Antônio, 2100, Parque Universitário, 19806-900 Assis, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Regiane Novais Leite – regiane.novaisleite@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial é tida como o marco inicial da crise ambiental, pois é a partir dela que o desenvolvimento econômico e demográfico se elevou, permitindo o aumento na produção dos bens de consumo e, conseqüentemente, na geração de resíduos. Ao mesmo tempo em que houve avanço tecnológico para expansão da produção industrial, houve também retrocesso ambiental, devido ao uso indiscriminado de recursos naturais, não se levando em conta a capacidade suporte do meio, provocando esgotamento de recursos que são essenciais ao ambiente ecologicamente equilibrado, promotor da qualidade de vida em todas as suas formas. Desse modo, tornou-se “cada vez mais significativa a ação humana, que ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural, com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime” (Ross, 1993, p. 64).

A disposição irregular e mal planejada de resíduos sólidos sobre o solo, sem o emprego de técnicas ambientalmente adequadas, pode causar diversos impactos negativos ao ambiente, tais como, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e do solo, a emissão de gases, a exalação de fortes odores, a proliferação de agentes causadores de doenças e a presença inadequada de coletores de materiais reutilizáveis e recicláveis (Neto et al., 2010). Uma das soluções para este problema é a deposição de resíduos sólidos em aterros sanitários.

Aterro sanitário é uma das técnicas de disposição final de resíduos sólidos, onde padrões aceitáveis quanto aos danos ambientais e à saúde pública são estabelecidos para sua operacionalização, consistindo no confinamento de resíduos sólidos na menor área e no menor volume possíveis, onde tais resíduos recebem uma camada de terra periodicamente, de forma a minimizar os impactos ambientais (Neto et al., 2010).

O tipo de aterro sanitário indicado para cada município é definido conforme a quantidade de resíduos gerada por sua população. No município de Assis, é utilizado o “Aterro Sanitário em Valas”. O aterramento de resíduos em valas é recomendado para municípios de pequeno porte, onde a produção de lixo não ultrapasse 10 (dez) toneladas por dia

e deve possuir, basicamente, como infraestrutura operacional: cobertura diária dos resíduos, drenagens superficiais, controle de acesso (cerca de arame, cerca viva e guarita), controle de vetores, aceiro, limpeza da área, entre outros (Neto et al., 2010).

O aterramento irregular de resíduos sólidos é uma realidade de diversos municípios brasileiros, onde a gestão, em sua maioria, envolve apenas a coleta e a disposição final, sendo os procedimentos diferenciados (coleta seletiva, reciclagem, compostagem etc.) inexistentes ou ineficazes (Schalch et al., 2002). Para o mesmo autor, o gerenciamento inadequado de resíduos sólidos provoca desperdícios, além de ser fator importante para a manutenção das desigualdades sociais, consistindo em ameaça frequente à saúde pública. Outro ponto abordado é o agravamento da degradação ambiental ocasionado pelo gerenciamento inadequado dos resíduos, o que compromete a qualidade ambiental.

A zona de amortecimento das unidades de conservação Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis, com área de 20.483,2876 hectares, tem como finalidade minimizar os impactos advindos de sua vizinhança, com o propósito de proteger os ecossistemas naturais e o manancial de abastecimento da cidade de Assis (Represa Água do Cervo) localizado no interior destas unidades. A zona de amortecimento protege também os fragmentos florestais ali presentes que são importantes para manter a qualidade da paisagem, diminuir o isolamento e a descontinuidade entre as unidades de conservação, permitindo, assim, a existência de corredores ecológicos entre estas áreas. A zona de amortecimento abrange ainda sub-bacias hidrográficas tributárias da Bacia do Cervo (exceto as localizadas no perímetro urbano do município) e todas as microbacias hidrográficas que se delimitam com as unidades, desde os seus divisores de águas, sendo a conservação destes corpos d'água de fundamental importância por servirem de abastecimento ao município de Assis (Max et al., 2007a; Durigan et al., 2010).

O presente estudo teve como intuito a análise dos aspectos ambientais da disposição irregular e mal planejada de resíduos sólidos em aterro sanitário localizado na zona de amortecimento da Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis, que podem lhes causar impactos negativos, afetando sua biodiversidade e recursos naturais. Pretendeu-se, através deste trabalho, alertar, por meio de relatório ambiental, o gestor municipal e os órgãos

ambientais existentes em Assis sobre a situação desta área, a fim de promover o encerramento das atividades do aterro e a destinação final correta dos resíduos sólidos gerados no município de Assis, buscando atender a proposta de gestão integrada de resíduos sólidos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pautada nos objetivos: “I – a prevenção e a precaução; II – o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; III – a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; IV – o desenvolvimento sustentável; V – a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta; VI – a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais

segmentos da sociedade; VII – a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; VIII – o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; IX – o respeito às diversidades locais e regionais; X – o direito da sociedade à informação e ao controle social; XI – a razoabilidade e a proporcionalidade”. (Brasil, 2010).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Localização da Área

A pesquisa foi realizada no município de Assis – São Paulo (Figura 1) e teve como área de análise o aterro sanitário em valas de Assis – Figura 2, estando este contido na zona de amortecimento da Floresta Estadual e da Estação Ecológica de Assis.

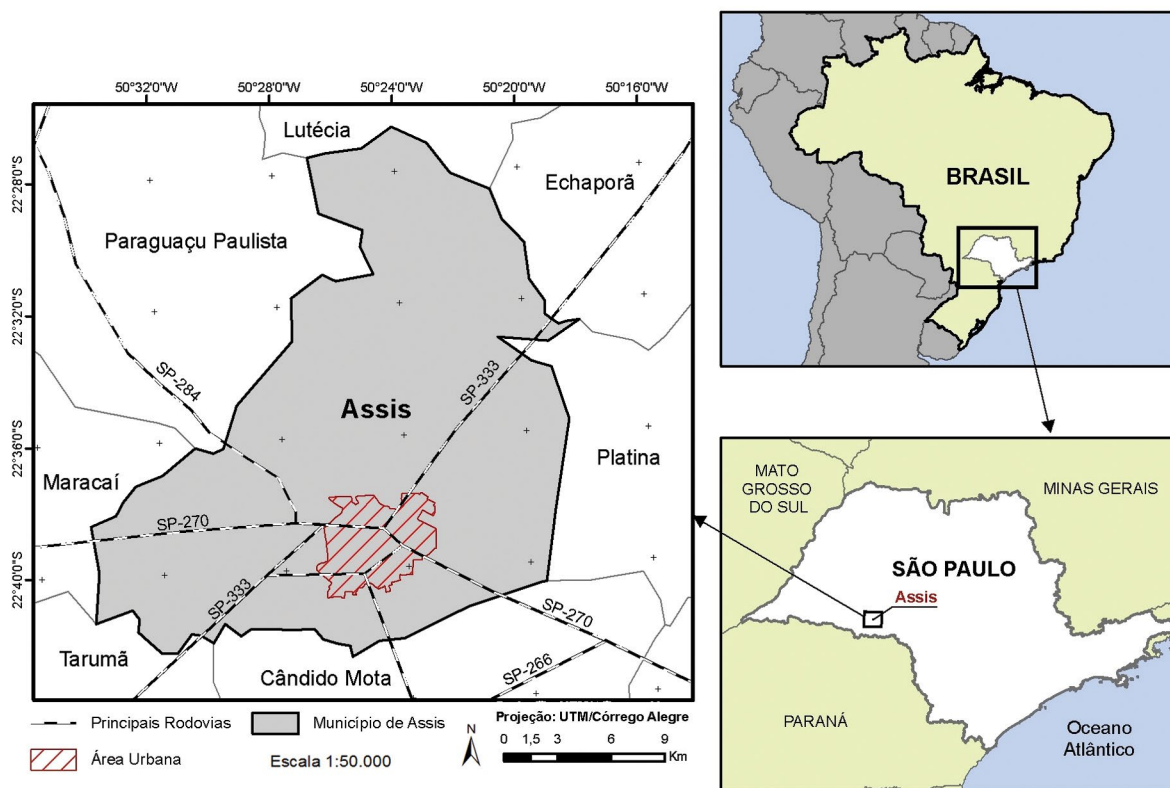


Figura 1. Localização do município de Assis – São Paulo (Fonte: Bongiovanni, 2008).

Figure 1. Assis municipality location – São Paulo (Source: Bongiovanni, 2008).



Figura 2. Aterro sanitário em valas de Assis – SP. Nota-se, na figura, resíduos sólidos produzidos no município de Assis e que em breve seriam aterrados.

Figure 2. Assis landfill ditches – SP. The figure shows solid waste produced in Assis municipality which were supposed to be buried soon.

O clima predominante no município de Assis é o tropical de altitude (Cwa) que, segundo a Classificação Climática de Köppen, é caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média máxima de 25 °C e média mínima de 18 °C. A precipitação anual é de 1.441,5 mm, tendo o mês mais seco precipitação de 45,8 mm e o mês mais úmido 214,2 mm de chuva. Assis está situada a uma altitude média de 560 metros, em relação ao nível do mar (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI, 2013).

A Estação Experimental de Assis tornou-se Floresta Estadual de Assis através do Decreto Estadual nº 47.098, de 18/09/2002 (Max et al., 2007a). A Estação Ecológica de Assis foi criada pelo Decreto Estadual nº 35.697, de 21/09/1992 e, posteriormente, ampliada por força do Decreto nº 47.097, de 18/09/2002 (Durigan et al., 2010). As unidades de conservação contíguas de Assis (Figura 3), gestadas pelo Instituto Florestal, órgão da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, possuem zona de amortecimento partilhada e representam uma importante área remanescente de conservação de Cerrado.

O aterro sanitário em valas de Assis, localizado na Estrada Municipal Assis – Lutécia (ASS-427) – Figura 3, foi implantado por meio da Licença de Instalação de número 11000811, de 28 de fevereiro de 2002, e começou a funcionar através da Licença de Operação de número 1100762, em 27 de fevereiro de 2003 (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2013).

O “Mapa de solos do entorno da Estação Ecológica de Assis” do Plano para o Desenvolvimento Sustentável do Entorno da Estação Ecológica de Assis (Max et al., 2007b), indica que a unidade pedológica existente na área do aterro sanitário de Assis é o Latossolo Vermelho Distrófico Típico, Álico, A moderado, textura média (A arenoso). O trabalho desse mesmo autor apresenta, ainda, em “Mapa de hidrografia do entorno da Estação Ecológica de Assis”, a Água Bonita (ou Água das Pontinhas) – tributária à Água das Antas, indicada na Figura 3, como corpo hídrico que irriga essa região. Não há corpos d’água superficiais perenes na área do aterro de Assis, existem apenas lagoas temporárias formadas em períodos de chuva.



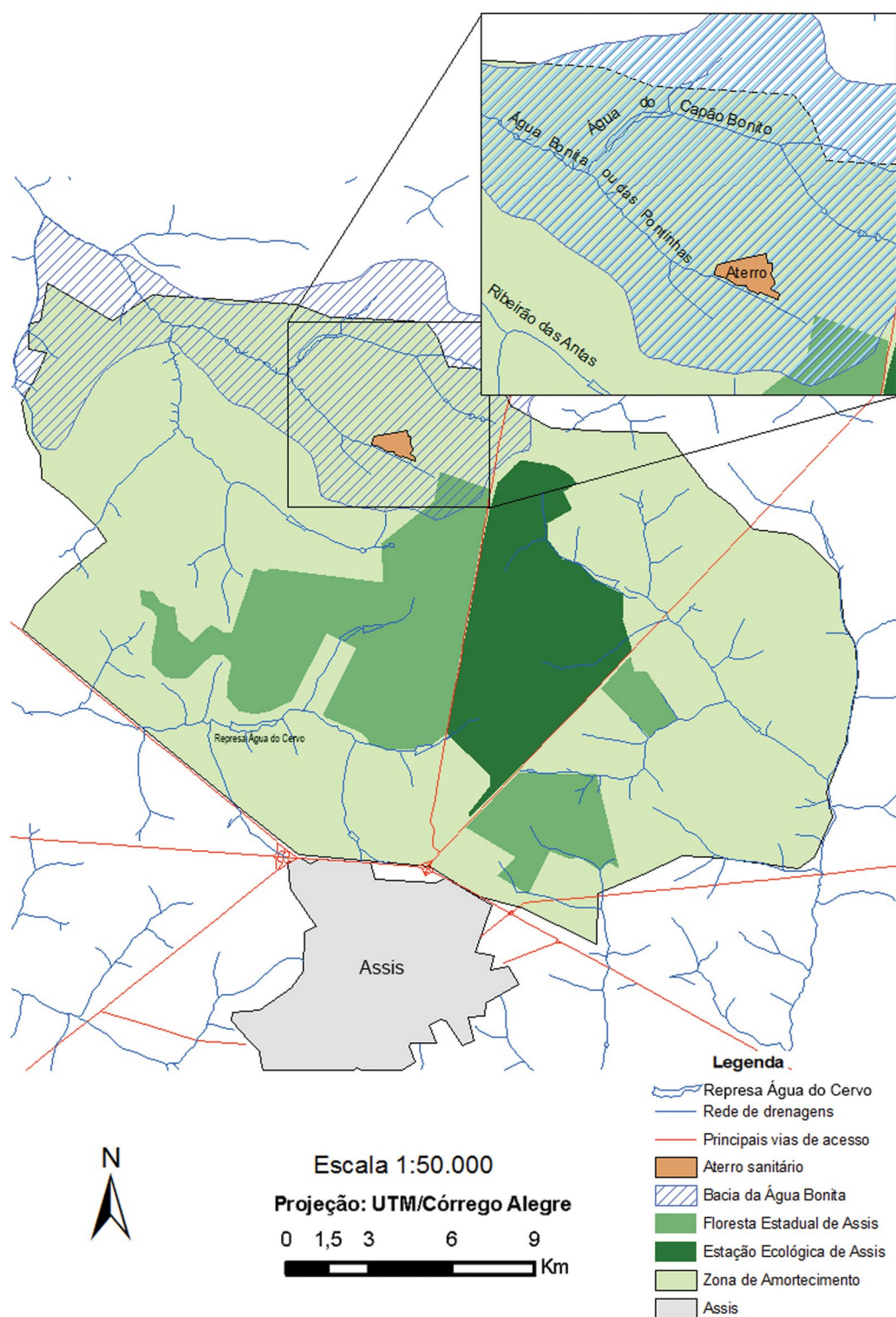


Figura 3. Mapa da região do aterro sanitário em valas de Assis. Visualiza-se na figura: as unidades de conservação e sua zona de amortecimento, o aterro sanitário (S 22°33'142 e O 50°24'456) e o corpo hídrico Água Bonita ou das Pontinhas (Fonte: Max et al., 2007b – adaptado por Gustavo Reis de Brito, 2014).

Figure 3. Map of Assis landfill ditches region. The figure indicates: conservation areas and its buffer zone, the landfill (S 22°33'142 and W 50°24'456) and the water body Água Bonita or Pontinhas (Source: Max et al., 2007b – adapted by Gustavo Reis de Brito, 2014).



## 2.2 Metodologia Aplicada

A pesquisa teve como base a legislação pertinente e vigente, Lei nº 9.985/00, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Brasil, 2000), e Lei nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), e para a análise foi utilizada uma Matriz de Identificação, por se tratar de uma ferramenta de uso comum e simples em estudos ambientais, objetivando identificar as prováveis interações entre

os componentes da atividade e os elementos do meio, sendo esta metodologia indicada por Sánchez (2008).

De forma adaptada, foi empregada a “Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais” de Sánchez e Hacking (2002), em que aspectos ambientais do aterramento de resíduos sólidos foram correlacionados com impactos ambientais desta atividade (Quadro 1). Foram realizadas inspeções de campo para o preenchimento de uma lista de verificação (“Checklist”), a qual foi transposta para a matriz de identificação em questão.

Quadro 1. Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais para aterro sanitário em valas.

Table 1. Matrix identification of environmental aspects and impacts to landfill ditches.

Atividade			Impactos Ambientais								
			Meio Biofísico						Meio Antrópico		
			Perda da qualidade do solo	Contaminação do solo	Deterioração da qualidade das águas subterrâneas	Deterioração da qualidade do ar	Perda líquida de habitats	Alteração dos ecossistemas aquáticos e terrestres	Impacto visual	Impactos sobre a saúde humana	Impacto socioambiental
Classificação dos Aspectos Ambientais:											
▲ Aspecto significativo											
△ Aspecto pouco significativo											
Classificação dos Impactos Ambientais:											
● Impacto muito importante											
○ Impacto pouco importante											
Aspectos Ambientais											
▲	Uso do solo	Degradação do solo	●								
		Perda da vegetação					●		●		
		Alteração da topografia									
▲	Emissões hídricas	Fontes pontuais			●			●		●	
▲	Emissões atmosféricas	Gases e fumaça				●					
▲	Emissões para o solo	Infiltração no solo		●				●			
▲	Atração de animais	Aves e vetores								●	
▲	Atividades humanas	Alteração cênica							●		
▲		Risco à saúde								●	
▲		Presença de catadores								●	●

Fonte: Sánchez e Hacking, 2002 – adaptado.

Source: Sánchez & Hacking, 2002 – adapted.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O emprego da “Matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais para aterro sanitário em valas” teve como intuito correlacionar os aspectos ambientais do aterramento de resíduos sólidos com os impactos desta atividade. Desse modo, aspectos ambientais sobre a disposição de resíduos sobre o solo na zona de amortecimento das unidades de conservação de Assis permitiram estimar os impactos ambientais desta operação.

Conforme a matriz de identificação, os aspectos ambientais sobre o “uso do solo” são correspondentes à alteração do ambiente natural da zona de amortecimento para a implantação do aterro sanitário em valas de Assis, causando: degradação do solo, perda da vegetação e restrições de uso como aspectos “significativos”, e alteração da topografia como aspecto “pouco significativo”. Os aspectos ambientais sobre o uso do solo, exceto alteração da topografia, apresentaram correlação com impactos ambientais de nível “muito importante”, em face ao potencial de alterarem a qualidade ambiental.

A deposição de resíduos sólidos em valas, sem mantas de polietileno de alta densidade – PEAD, como é o caso do aterro de Assis, permite o contato direto entre o líquido percolado (chorume) e o solo, tornando-o inviável para a agropecuária ou para demais atividades que apresentem utilização intensa do solo, já que há perda de sua qualidade. Para a instalação do aterro de Assis, a vegetação original desta área foi retirada, deixando o solo exposto e desprotegido, extinguindo abrigos e refúgios da vida silvestre, causando a perda líquida de habitats e impacto visual, formando um descontinuo entre o ambiente natural e o antrópico. A alteração da topografia não foi significativa, pois as valas são totalmente preenchidas com resíduos e terra, não havendo elevação ou decaimento topográfico significativo por longo tempo, embora nas duas primeiras inspeções de campo tenham sido observados morros de resíduos aguardando o aterramento, esta situação não foi vista nas demais vistorias. Em maio de 2013, uma nova vala foi aberta (Figura 4) e, aparentemente, esta vala recebeu uma camada de solo argiloso, o que dificulta a infiltração de chorume, mas ainda assim o aterro opera em inconformidade.



Figura 4. Nova vala no aterro sanitário de Assis – SP, instalada em maio de 2013. Observa-se, na figura, uma camada de solo argiloso sobre a base da vala.

Figure 4. New ditch in Assis landfill – SP, installed in May 2013. It can be observed by the figure that there is a layer of clay soil on the base of the ditch.

O aspecto ambiental “emissões hídras” corresponde à formação de chorume (líquido escuro, ácido e de odor desagradável, resultante de atividade enzimática extracelular de bactérias anaeróbicas para a decomposição de resíduos sólidos), caracterizado como uma fonte poluidora pontual que percola e atinge as águas subterrâneas, classificando-se como aspecto ambiental “significativo”. Em períodos de chuva, infiltrações de água nos depósitos em aterros são facilitadas, carreando consigo substâncias inorgânicas, como carbonatos, sulfatos, nitratos e cloretos. Há também infiltração de íons magnésio, sódio, potássio, cálcio e amônio, e de íons de metais pesados (Schalch et al., 2002).

A demanda bioquímica de oxigênio – DBO em águas que sofrem infiltração oriunda de depósitos de aterros sanitários varia conforme o tempo de deposição da matéria orgânica. Depósitos mais antigos apresentam variação de 200 a 2.000 mg/L e os depósitos mais recentes possuem valores superiores a 20.000 mg/L. A contaminação destas águas está relacionada com a profundidade e direção do lençol freático, a força de adsorção e a capacidade de autodepuração do solo onde há percolação do chorume, tendo a natureza do solo influência direta sobre a velocidade de escoamento das águas infiltradas. Essas características são de grande importância e resultam em infiltrações que podem comprometer as águas subterrâneas imediatamente ou após alguns decênios, sendo a capacidade de autodepuração do solo direcionadora desse processo (Schalch et al., 2002).

Desse modo, a deposição de resíduos no solo arenoso do aterro de Assis facilita a infiltração de chorume da decomposição destes resíduos, podendo levar à contaminação das águas subterrâneas que apresentam ligação com sub-bacias que abastecem a Represa Água do Cervo, manancial de abastecimento da cidade de Assis. A deterioração da qualidade das águas subterrâneas, a alteração dos ecossistemas aquáticos e o impacto sobre a saúde humana são considerados como impactos de nível “muito importante” pelo passivo ambiental à saúde pública e aos ecossistemas aquáticos, em especial por ser um risco à Represa Água do Cervo.

O aspecto ambiental “emissões atmosféricas” está condicionado à decomposição da matéria orgânica e à falta de revolvimento

dos resíduos dispostos no solo, que acelera o consumo de oxigênio por bactérias aeróbicas, tornando baixa a disponibilidade de oxigênio e facilitando a ação de bactérias anaeróbicas que, através de seu metabolismo, liberam gases, como metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), emitidos em grandes quantidades, além da liberação de outros gases (Schalch et al., 2002).

A decomposição da matéria orgânica em aterros é dividida em duas fases (Filho e Mahler, 2005): Acidogênica – corresponde à formação de ácidos, tais como, o ácido acético e o ácido propiônico, que são hidrolisados e produzem ácidos graxos, açúcares simples, aminoácidos e outros compostos orgânicos de baixo peso molecular que são empregados na fase seguinte; Metanogênica – diz respeito à síntese de metano e de dióxido de carbono a partir de ácidos formados na fase anterior, através da atuação de microrganismos específicos, como fungos e bactérias. Durante esse processo, outros gases, como o sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), o nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e o hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) são formados. Há também a queima dos resíduos devido à propriedade de combustão de alguns materiais, liberando fumaças com altos teores de dióxido de carbono.

Gases liberados por meio de decomposição da matéria orgânica e por queima de resíduos sólidos são poluentes e contribuem para o agravamento do efeito estufa, em especial o metano, que apresenta 21 vezes maior capacidade de causar danos ao ambiente, quando comparado ao dióxido de carbono. A dimensão da área atingida por esse aspecto ambiental é imensurável, por se tratar de meio atmosférico, podendo atingir grandes áreas, classificando-se como “significativo”. Desse modo, a deterioração da qualidade do ar é um impacto de nível “muito importante” por conta da sua magnitude.

O aspecto ambiental “emissões para o solo” relaciona-se com a decomposição da matéria orgânica, sendo ela um dos constituintes do chorume e de grande importância para a complexação e o transporte de metais pesados, além da retenção de alguns contaminantes orgânicos. A matéria orgânica natural do solo altera a quantidade de matéria orgânica presente no chorume que fica em solução no solo, alterando, por consequência, os teores de matéria orgânica nas águas.

A matéria orgânica contida no solo apresenta-se, em maior proporção, no horizonte superficial, de modo que infiltrações de chorume tendem a alterar a quantidade de matéria orgânica nos horizontes mais profundos, sendo um indício da transição da pluma de contaminação para determinadas profundidades (Leite et al., 2004).

As infiltrações no solo são consideradas como aspecto ambiental “significativo” porque o chorume altera suas propriedades físicas, químicas e biológicas, fazendo com que haja perda de suas características, representando um risco ambiental aos ecossistemas terrestres. Sendo assim, a contaminação do solo e a alteração dos ecossistemas terrestres são impactos classificados como “muito importante”, devido ao dano que causam ao ambiente

O aspecto ambiental “atração de animais”, classificado como “significativo”, ocorre pela oferta de alimento, ocasionada por falta de recobrimento com terra dos resíduos depositados no solo, atraindo aves (urubus, em sua maioria) e vetores, tais como, moscas, mosquitos, ratos, baratas, e outros animais das unidades de conservação e da região de entorno.

A proximidade com as unidades de conservação, em especial com a Estação Ecológica de Assis, e com os corredores ecológicos que ligam as unidades à zona de amortecimento, possibilita a atração de diversos animais, aves, em sua maioria. Foram avistados urubus, Figura 5, que são comuns em locais onde há matéria orgânica em decomposição. Ressalta-se, ainda, a possibilidade de migração dos animais que vivem no aterro para às unidades de conservação e vice-versa.

As modificações do ambiente natural para o aterramento de resíduos alteraram a qualidade da paisagem, permitindo a propagação de vetores e de microrganismos patogênicos que apresentam potencial de afetar a saúde da população rural vizinha, já que o aterro pode ser uma área para o desenvolvimento de epidemias. A atividade de aterramento de resíduos causa impactos de nível “muito importante”, como os impactos sobre a saúde humana, pois atrai vetores de diversas doenças. A atração de aves e vetores pode ainda causar desequilíbrios ecológicos tanto na área do aterro quanto às unidades de conservação, já que há possibilidade de migrações.



Figura 5. Urubus no aterro sanitário em valas de Assis – SP. Esta atração de aves deve-se à matéria orgânica em decomposição e à falta de recobrimento dos resíduos com terra.

Figure 5. Vultures in Assis landfill ditches – SP. Birds are attracted due to decaying organic matter and lack of covering waste with earth.



O aspecto ambiental “atividades humanas”, classificado como “significativo”, corresponde à alteração cênica, ao risco à saúde e à presença de catadores. Tais aspectos ocorrem pela utilização dessa área para o aterramento de resíduos, onde o cenário natural foi transformado (antropizado) e tornou-se um local para o desenvolvimento de um trabalho informal – a catação de materiais reutilizáveis e recicláveis – por não ter vínculo com a Prefeitura, cooperativas e afins.

A alteração cênica é pronunciada nessa região, formando um descontínuo com o ambiente natural da zona de amortecimento e das unidades de conservação. A falta de controle do acesso ao aterro, principalmente sobre a entrada e permanência de pessoas que não são funcionários, é o principal fator que permite o desenvolvimento da catação de resíduos. Verificou-se essa situação em ida ao aterro, onde foi possível observar que os catadores revolviam o lixo sem o uso de equipamentos de proteção individual – EPI, como luvas de raspa de couro, botinas, bonés ou demais trajes e acessórios que conferem proteção física, consistindo em risco à saúde. Esses catadores estavam lá de maneira ilegal, já que a entrada de pessoas não autorizadas é proibida (expressa em placa de aviso na entrada do aterro), porém não havia guarda ou qualquer outro funcionário na guarita. Essa condição de ocupação está relacionada à baixa renda e à baixa oferta de empregos.

O aterro sanitário em valas de Assis e a presença de catadores caracterizam-se como impactos de nível “muito importante”. O primeiro relaciona-se com o impacto visual, pois houve alteração do cenário, e o segundo está vinculado aos impactos sobre a saúde humana e socioambiental, em que catadores trabalham em condições precárias, expostos às doenças e demais mazelas.

O Plano Diretor do Município de Assis, instituído pela Lei Complementar nº 10, de 10 de outubro de 2006, apresenta como metas, em seu Art. 23, inciso XI: “promover a instalação de novo Aterro Sanitário Municipal, somente, quando restarem esgotadas todas as possibilidades de utilização do atual Aterro, em local fora da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis.” e inciso XII:

“planejar a localização de novo Aterro Sanitário Municipal de modo a não comprometer a integridade de recursos naturais, as bacias e mananciais de abastecimento público de água, as reservas e as áreas florestais, as áreas de proteção ambiental e as de preservação permanente.”, e em seu Art. 65, § 2º: “O atual Aterro Sanitário Municipal, localizado no interior da Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Assis, terá seu funcionamento encerrado assim que se esgotarem as possibilidades de sua utilização, implementando, assim, processo de recuperação ambiental.” (Assis, 2006).

Os problemas ambientais ocorridos na zona de amortecimento das unidades de conservação de Assis são reflexos da ineficiência na delimitação e proteção das áreas de interesse ambiental. A implantação de um novo aterro sanitário em outro local não é possível, visto que não há áreas livres no município de Assis, restando apenas as que se limitam com o aeroporto e que não poderiam ser utilizadas por conta da atração de aves que um aterro sanitário causa, afetando o tráfego aéreo e provocando acidentes à avifauna, de modo que a Lei nº 12.725/12 define como área de segurança aeroportuária um raio de 20 km a partir do centro geométrico da maior pista do aeródromo (Brasil, 2012).

Max et al. (2007a), no Plano de Manejo da Floresta Estadual de Assis, e Durigan et al. (2010), no Plano de Manejo da Estação Ecológica de Assis, apresentam o aterro sanitário da Prefeitura Municipal de Assis como uma fonte de riscos para o equilíbrio do ecossistema destas unidades de conservação, devido à proximidade em que ele se encontra destas áreas.

Max et al. (2007b) indicam que, no Plano para o Desenvolvimento Sustentável do Entorno da Estação Ecológica de Assis, a população faz reivindicações quanto à fiscalização dos problemas ambientais nas áreas das unidades de conservação (incluindo a sua zona de amortecimento). Entre essas cobranças, o controle e fiscalização do aterro sanitário foi um dos pedidos, ressaltando o dano que esta atividade pode causar. Ainda nesse Plano, foi tratado que o aterro sanitário apresenta potencial de gerar problemas à área de expansão da Estação Ecológica de Assis, limitando o crescimento desta unidade,

sendo este fator condicionado à forma de manejo e extensão do aterro. Discorre também, sobre o aterro ser um risco à qualidade da água que abastece diversas propriedades a jusante.

Vitalli (2007) aponta que o aterro sanitário de Assis teve como motivo de criação o recebimento do material excedente da Usina de Compostagem de Assis, sendo destinados a este aterro todos os resíduos coletados no município de Assis, não operando, então, de acordo com as normas e regulamentos impostos para legalização desta atividade. A autora destaca, ainda, a quantidade de resíduos (cerca de 60 (sessenta) toneladas por dia) acima do limite permitido que é destinada ao aterro e a falta de infraestrutura operacional.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB renovou a Licença de Operação do aterro sanitário de Assis sob o número 59000508 para a atividade: Aterro Sanitário para Rejeitos da Usina de Compostagem de Assis, na data de 01 de fevereiro de 2012, com vencimento previsto para 01 de fevereiro de 2013. Foi solicitada Licença Prévia e esta não foi cedida, estando arquivada desde 18 de julho de 2012 (CETESB, 2013).

O aterro continua operando, apesar da licença ambiental vencida, e recebendo resíduos que não são compatíveis aos resíduos que deveria receber (rejeitos da Usina de Compostagem) e em quantidades que extrapolam a capacidade indicada para o aterramento em valas, além de apresentar infraestrutura precária. Por esses motivos, o aterro sanitário de Assis obteve pontuação de 4,5, enquadrando-se como I (Condições Inadequadas) no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos 2013 (publicação mais recente deste relatório), no qual consta também que o aterro não possui as Licenças de Instalação e de Operação e que está cumprindo Termo de Ajustamento de Conduta – TAC (Iwai et al., 2014). Este fato pode ser considerado um avanço na fiscalização ambiental, visto que no Inventário Estadual de Resíduos Sólidos 2012 o aterro de Assis se enquadrava como A (Condições Adequadas), obtinha pontuação de 7,2 e possuía tais licenças para sua operação (Iwai et al., 2013).

## 4 CONCLUSÕES

Através dos aspectos ambientais analisados para estimação de impactos ambientais, foi possível inferir que a operação de um aterro sanitário na zona de amortecimento das unidades de conservação de Assis representa riscos de impactos ambientais negativos à biodiversidade e aos recursos naturais destas unidades (e de sua zona de amortecimento), em especial ao abastecimento de água para propriedades rurais a jusante e à Represa Água do Cervo. Como instituído pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/00), operações desse tipo não são permitidas em zona de amortecimento, mas mesmo assim o aterro foi implantado, sendo que essa Lei Federal já estava em vigor. As atividades potencialmente impactantes constam nos Planos de Manejo das duas unidades, pois esta é uma responsabilidade de suas gestões, mas elas por si só não têm força para promover o encerramento do aterro.

Faz-se necessário o encerramento desse aterro, visto que seu prazo para finalização de atividades está vencido, bem como a mitigação dos impactos ambientais causados na área do aterro e possivelmente às unidades de conservação, de modo a atender uma das exigências, a de descontaminação de áreas impactadas por deposição de resíduos sólidos, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10). Dessa maneira, procura-se reestabelecer a qualidade da paisagem e prover o devido funcionamento da zona de amortecimento, protegendo a Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis e minimizando os riscos à saúde da população local.

Para que esse cenário seja alterado, devem-se modificar os processos produtivos e incentivar a mudança ambiental nos hábitos de consumo, por meio de Educação Ambiental e estímulos fiscais, visando minimizar a quantidade de resíduos sólidos gerada, além da implantação de uma gestão integrada destes resíduos, priorizando os procedimentos diferenciados, como coleta seletiva, reciclagem e compostagem, de modo que seja destinado ao aterro apenas o rejeito (resíduos que não apresentam possibilidade de reutilização e/ou reciclagem/compostagem), promovendo o menor uso dos recursos naturais e a geração de empregos para cooperativas e afins.

A gestão de resíduos sólidos é um desafio à sociedade moderna, mas é extremamente necessária para a manutenção de um ambiente sadio, promotor da qualidade de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS. Lei Complementar nº 10, de 10 de outubro de 2006. Disponível em: <<http://www.assis.sp.leg.br/leis/codigos-e-estatutos/lc%20010-06.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

BONGIOVANNI, S. **Caracterização geológica do município de Assis**: a importância do estudo das coberturas cenozóicas. 2008. 218 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm)>. Acesso em: 17 nov. 2012.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 15 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.725, de 16 de outubro de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm)>. Acesso em: 15 out. 2013.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 21 jul. 2013.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Licenciamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/1-pagina-inicial>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

DURIGAN, G. et al. **Plano de manejo da Estação Ecológica de Assis**. Assis: Instituto Florestal, 2010. 171 p.

FILHO, L.F.B.; MAHLER, C.F. **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

IWAI, C.K. et al. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2012**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2013. p. 96.

\_\_\_\_\_. et al. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2013**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2014. p. 100.

LEITE, C.M.B.; BERNARDES, R.S.; OLIVEIRA, A. Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 111-115, 2004.

MAX, J.C.M. et al. Plano de manejo da Floresta Estadual de Assis. **IF Série Registros**, n. 30, p. 1-80, 2007a.

MAX, J.C.M. et al. Plano para o desenvolvimento sustentável do entorno da Estação Ecológica de Assis. **IF Série Registros**, n. 32, p. 1-48, 2007b.

NETO, A.S. et al. **Manual de operação de aterro sanitário em valas**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, 2010. 24 p.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, n. 8, p. 1-13, 1993.

SÁNCHEZ, L.H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 595 p.

\_\_\_\_\_.; HACKING, T. An approach to linking environmental impact assessment and environmental management systems. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 20, n. 1, p. 25-38, 2002.



LEITE, R.N.; BONGIOVANNI, S. Aterro sanitário em zona de amortecimento

SCHALCH, V. et al. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos: Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2002. 97 p.

VITALLI, P.D.L. **Análise dos aspectos jurídicos correlatos à zona de amortecimento de unidades de conservação**: estudo de caso da Estação Ecológica de Assis (SP), 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.



## VARIAÇÃO GENÉTICA PARA OS TEORES DOS MACRO E MICRONUTRIENTES APÓS APLICAÇÃO DE 2,4-D EM PROGÊNIES DE *Eucalyptus grandis*<sup>1</sup>

### GENETIC VARIATION IN THE LEVELS OF MACRO AND MICRONUTRIENTS AFTER 2,4-D APPLICATION ON *Eucalyptus grandis* PROGENIES

Alexandre Martins FRAGOSO<sup>2,5</sup>; Edson Seizo MORI<sup>3</sup>;  
Mario Luiz Teixeira de MORAES<sup>4</sup>

**RESUMO** – O Brasil triplicou sua produção florestal de eucalipto desde 1970, alcançando médias de 45 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Muitos avanços técnicos contribuíram para essa produtividade, entre eles a utilização de herbicidas para o controle de plantas daninhas. O produto 2,4-D destaca-se como herbicida seletivo às dicotiledôneas utilizado nas grandes culturas, entre elas está a cultura do eucalipto. O 2,4-D também pode ser usado como regulador vegetal, auxina (Ax), em subdosagem, podendo gerar incrementos nutricionais e auxiliar no desenvolvimento morfológico do vegetal após testes preliminares para obtenção de dosagem ideal, que no presente trabalho foi de 3,75 µL L<sup>-1</sup>. Assim, o trabalho teve como objetivos avaliar a aplicação de auxina em um teste de progênies de *Eucalyptus grandis*, na fase de mudas, para estimar os parâmetros genéticos das variações dos elementos minerais nas plantas, com base no procedimento REML/BLUP. O delineamento foi em blocos casualizados com 20 progênies em três repetições, 16 plantas por parcela, totalizando 960 plantas. Como fatores norteadores, após 15 dias da aplicação do produto, foram avaliados os macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) nos tecidos vegetais da parte aérea. Como resultado, verificou-se que o 2,4-D age como auxina, quando aplicada em subdosagem (3,75 µL L<sup>-1</sup>), promovendo o desenvolvimento das mudas de *E. grandis* e permite a expressão da variação genética, sendo que o CV<sub>g</sub> variou de 1,22% (S) a 13,51% (Ca). Apenas os teores de N (43,05%), Fe (56,545%) e Cu (58,37%) apresentaram acurácias inferiores a 70%. Os maiores coeficientes de variação relativa foram para os teores de Ca (2,0) em relação à escolha de uma variável para a seleção com base nos macronutrientes e Mn (1,16) no caso dos micronutrientes.

Palavras-chave: auxina; metabolismo; nutrição mineral; parâmetros genéticos.

**ABSTRACT** – The forest tree production in Brazil was three times greater than through 70's decade, reaching the wood volume averages by 45 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>. Many technological advances have contributed for that productivity, such as the use of herbicides for weed control, thus avoiding much of the weed competition and better development of plants as the lighting and nutrient assimilation. The 2,4-D product stands out as selective herbicide for broadleaved used in major crops, among them is the cultivation of eucalyptus. The 2,4-D may also be used as plant growth regulator as a synthetic auxin (Ax) and can generate nutritional helper increases and the morphological plant development after preliminary testing to obtain optimal dosage.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 14.04.14. Aceito para publicação em 13.10.14.

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, Fazenda Lageado, Portaria I, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Rodovia Alcides Soares, Km 3, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil. Bolsista CAPES.

<sup>3</sup>Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP, Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Campus de Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Caixa Postal 237, 18610-307 Botucatu, SP, Brasil. esmori@fca.unesp.br.

<sup>4</sup>Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Rua Monção, nº 226, Zona Norte, 15385-000 Ilha Solteira, SP, Brasil. teixeira@agr.feis.unesp.br.

<sup>5</sup>Autor para correspondência: Alexandre Martins Fragoso – amfragozo@hotmail.com

This study aimed to evaluate the influence and interactions between obtaining optimal doses of 2,4-D product as plant growth regulator through the *Eucalyptus grandis* progeny trial to estimate quantitative genetic parameters. We used statistical design of randomized blocks with 20 progenies, and three replications with 16 plants, totaling 960 plants by the trial. The quantitative genetic parameters were obtained by SELEGEN software using REML/BLUP statistical procedure. As guiding factors after 15 days of application of 2,4-D doses, we have evaluated macro and micronutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, and Zn) in aerial part of plant tissues. As a result it was found that 2,4-D in sub-dosage ( $3.75 \mu\text{L.L}^{-1}$ ) promoted the development of *E. grandis* and allows the expression of genetic variation, the CVg ranged from 1.22% (S) to 13.51% (Ca). Only the N levels (43.05%), Fe (56.545%) and Cu (58.37%) showed lower accuracies below 70%. The highest coefficients of relative variation were related for Ca (2.0) as selection factor for selection based on macronutrients and Mn (1.16) on micronutrients.

Keywords: auxin; genetic parameters; metabolism; mineral nutrition.

## 1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento agrícola, os insumos vêm sendo utilizados em larga escala, onde os avanços nas áreas técnicas da cadeia agrícola vêm diminuindo as perdas e maximizando os ganhos, principalmente aqueles relacionados à produtividade e uso de novas tecnologias. Produtividade esta que, alcançada pelas grandes culturas, entre elas a do eucalipto, torna necessário o uso racional dos produtos, entre eles os fitossanitários, como os herbicidas.

Para a incorporação de novas tecnologias no âmbito florestal, as mesmas devem ser comprovadas por meio de experimentos como os testes de progênies, nos quais são avaliados as características de interesse e as demais relacionadas ao processo produtivo, pois quanto maiores forem os ganhos na espécie a ser melhorada, melhor serão as condições de adaptabilidade ao local de plantio e maior será a resistência a fatores não controlados, generalizados nas características de sobrevivência do vegetal ao estresse. Estresse caracterizado pela severidade, duração, tempo de exposição e combinação deles, nos quais os tecidos, genótipos e estágio de desenvolvimento do vegetal irão determinar a resposta e o resultado, ou seja, se haverá a tolerância (sobrevivência) ou suscetibilidade (morte) do vegetal (Fragoso, 2014).

O 2,4-D vem sendo utilizado desde a guerra do Vietnã como agente desfolhante, bem como o ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) e o pentaclorofenol (PCF), para formação do até então denominado “agente laranja” (Taiz, 2013). Atualmente, o produto DMA é um herbicida

sistêmico e seletivo para a cultura da cana-de-açúcar, cereais, pomares e no controle florestal. Deve ser aplicado em pós-emergência, controlando seletivamente as plantas de folhas largas, as plantas dicotiledôneas. Sua aplicação dá-se em função do estágio fenológico da cultura, seguindo as recomendações do boletim técnico Down Agrosiences para as respectivas culturas. Os estudos com relação à molécula, caracterizada como regulador vegetal auxina, baseiam-se nos estudos deletérios de derivas artificiais, que têm causado modificações em culturas agrícolas comestíveis, deixando efeitos residuais no solo (Hemphill e Montgomery, 1981; Wall, 1996; Constantin et al., 2007; Reis et al., 2008; Nascimento e Yamashita, 2009).

A metodologia de utilização de 2,4-D como regulador para culturas anuais e perenes, destacando-se que o ponto de epinastia é aquele no qual se dividem as demais doses decrescentes gradativas para obtenção de dose ideal, indicando que a dosagem de plantas perenes é relativamente dez vezes maior que as anuais para o produto 2,4-D (Fragoso et al., 2012a). Os ganhos significativos para a área foliar e matéria seca em *E. grandis*, nas quais a dosagem de  $2,5 \text{ mg.i.a.L}^{-1}$  foi a significativa, indicam alterações na fotossíntese e demais alterações no metabolismo do vegetal (Fragoso et al., 2012b). Assim, observações em *E. grandis* com medições na altura e diâmetro apresentaram outro efeito, o de alongamento celular, pois na dosagem de  $0,625 \text{ mg.i.a.L}^{-1}$  ganhos na altura e diâmetro foram observados, indicando que alterações endógenas nos níveis de auxina são alteradas com a aplicação do produto (Fragoso et al., 2012c).

Desse modo, a importância nutricional da interação com o produto, no qual os elementos fósforo e enxofre apresentaram diferenças significativas na dosagem de  $3,75 \mu\text{L.L}^{-1}$ , indicam a participação dos elementos na fotossíntese, como ATP e cofatores enzimáticos, respectivamente (Fragoso et al., 2013). Assim, fica evidente que o vegetal sob condição de estresse pode alterar seu metabolismo, tendo em vista sua sobrevivência ou devido a um ganho por processos biológicos da interação como abertura estomática, fotossíntese e alongação celular.

O teste de progênies tem como finalidade, relacionada a valores reprodutivos, estimar parâmetros genéticos, sendo todos os indivíduos avaliados com características de sua morfologia como altura, diâmetro e volume (Moraes, 2001). A especificidade relacionada ao tipo de polinização, torna o teste gradativo de dificuldade, facilitando ou não, a seleção recorrente dos indivíduos (Daniels, 1984), sendo que a avaliação da capacidade produtiva permite a extrapolação dos resultados até então obtidos, possibilitando novas características na população a ser melhorada e obtenção de indivíduos superiores para produção, ou com alto valor genético, para conservação.

A capacidade de identificação de genótipos superiores sob um programa de seleção, torna possível a obtenção de populações melhoradas (Kageyama, 1980). As estratégias de melhoramento baseiam-se nas estimativas de parâmetros genéticos e predição de ganhos, pois as mesmas geram informações sobre o potencial genético do indivíduo, progênies e clones, para a obtenção de um novo ciclo de seleção (Resende, 1991; Fernandes et al., 2004).

O presente estudo teve como hipótese se a utilização de subdosagens de 2,4-D em mudas de *Eucalyptus grandis* teria efeito na translocação de nutrientes à parte aérea (Schoroder et al., 1983; Reis et al., 2008), onde ocorreria uma melhor translocação de produtos sistêmicos, aumentando a sua eficiência, possibilitando subadubações, sistêmicas e racionais, além de incrementos produtivos por aumento da taxa fotossintética por alteração do metabolismo. Desse modo, as mudas teriam maior estímulo de crescimento em função da interação com o produto e resposta a sobrevivência, por parte do vegetal, ao estresse imposto.

Assim, o comportamento do 2,4-D, como uma auxina, é um evento fisiológico, mas a presença dos teores dos macro e micronutrientes é de origem genética e a estimativa desta variação é significativa para o desenvolvimento da planta em diferentes ambientes.

Na falta de trabalhos sobre a utilização do herbicida 2,4-D como regulador, utilizando a cultura do *Eucalyptus grandis* como cultura pioneira de estudo e sua interação nos níveis nutricionais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) de tecidos vegetais da parte aérea, surgiu a proposta do presente trabalho, que teve por objetivo avaliar a variação genética dos teores dos macros e micronutrientes após a aplicação de subdosagens de 2,4-D em progênies de *E. grandis* na fase final de mudas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, da Universidade Estadual Paulista – UNESP. A FCA localiza-se na região centro-sul do Estado de São Paulo, cujas coordenadas são  $22^{\circ}51'03''$  de latitude Sul e  $48^{\circ}25'37''$  de longitude Oeste, com altitude de 804 m. Segundo a classificação Köppen, o clima é do tipo Cfa – moderado chuvoso, sendo a temperatura média do ar de  $22,8^{\circ}\text{C}$  no mês mais quente, e de  $16,7^{\circ}\text{C}$  no mês mais frio, com média anual de  $20,6^{\circ}\text{C}$  (Cunha e Martins, 2009).

O experimento foi instalado em 10 de outubro de 2013, no viveiro de mudas do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP – Campus de Botucatu/SP. O teste de progênies de *Eucalyptus grandis* foi implantado em delineamento em blocos ao acaso, 16 plantas por parcela, três repetições e 20 progênies de *Eucalyptus grandis*, originárias do Horto Florestal de Itatinga, totalizando 960 plantas. A dose de 2,4 D foi de  $3,75 \mu\text{L.L}^{-1}$ . A aplicação do produto ocorreu nas seguintes condições: Altura da planta: 0,30 m; Altura da barra: 0,90 m; Volume aplicado:  $110 \text{ L.ha}^{-1}$ ; Pressão: 1,95 bar; Velocidade:  $5 \text{ km.h}^{-1}$ ; Umidade relativa: 65%; Temperatura:  $26^{\circ}\text{C}$ ; Ponta XR 110 015 US.

As variáveis analisadas foram os teores dos macro e micronutrientes (Malavolta, 1997), cujas análises foram realizadas no laboratório do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP Botucatu-SP (cinco plantas por parcela amostra composta). Retiraram-se todas as mudas em amostras destrutivas para as análises, sem observação de toxicidade e comportamento do vegetal após a aplicação de produto. As estimativas dos parâmetros genéticos para caracteres quantitativos foram obtidas com base no procedimento REML/BLUP e foi utilizado o programa computacional SELEGEN (Resende, 2007b), com base no modelo estatístico:  $y = Xr + Zg + \varepsilon$ ; em que:  $y$ ,  $r$ ,  $g$ , e  $\varepsilon$  são vetores de dados, repetição genéticos aditivos individuais, de parcelas e de erros, respectivamente;  $X$  e  $Z$  são matrizes de incidência dos respectivos efeitos (Resende, 2007a). A partir desse modelo foi possível obter as seguintes estimativas:

Variância residual (ambiental + não aditiva):  $\hat{\sigma}_e^2$

Variância genotípica:  $\hat{\sigma}_g^2$

Variância fenotípica individual:  $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2$

Variância fenotípica média:  $\hat{\sigma}_{fm}^2 = \hat{\sigma}_e^2 / r + \hat{\sigma}_p^2$

Coeficiente de variação experimental:  $CV_e = (\sqrt{\hat{\sigma}_e^2} / \hat{m}) \cdot 100$

Coeficiente de variação genotípica:  $CV_g = (\sqrt{\hat{\sigma}_g^2} / \hat{m}) \cdot 100$

Coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ):  $CV_r = CV_g / CV_e$

Coeficiente de herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo ( $\hat{h}_g^2$ ):  $\hat{h}_g^2 = \hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_f^2$

Coeficiente de herdabilidade da média de genótipo ( $\hat{h}_m^2$ ):  $\hat{h}_m^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_{fm}^2$

Acurácia:  $\hat{r}_{aa} = \sqrt{\hat{h}_m^2}$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da parte aérea das mudas de *Eucalyptus grandis*, avaliado duas semanas após a aplicação de 2,4-D na dose de 3,75  $\mu\text{L.L}^{-1}$ , verificou-se que a maioria dos teores dos elementos analisados (P, K, Ca, Mg, S, Mn e Zn) apresentou

variação para o efeito de progênes, com base no teste da razão de verossimilhança (LRT), indicando que estes teores seriam passíveis de uma seleção em um programa de melhoramento, destacando-se os teores de Ca ( $CV_r = 2,00$ ) em relação aos macronutrientes e o manganês ( $CV_r = 1,16$ ). O mesmo já não ocorreu em relação aos teores de N, B, Cu e Fe (Tabela 1).

O nitrogênio alcançou o nível mais baixo do teste para herdabilidade. Sua proporção da variância genética na variância fenotípica das amostras de tecidos da parte aérea, ligados às gerações seguintes da etapa de melhoramento (Resende, 2007a), se deu em função do possível consumo em fazer parte da molécula de clorofila. Indicando aumento da taxa fotossintética, com possível relação à abertura estomática, metabolismo de auxina e indicação de grande dependência ambiental (Tabela 1).

O cálcio apresentou a maior herdabilidade das amostras de tecidos da parte aérea, demonstrando ser um caráter altamente herdável em função principalmente do aumento na área foliar, por participar no aumento nos níveis celulares e estar relacionado à constituição da parede celular, indicando que a parte genética é superior a ambiental (Resende, 2007a).

O fósforo atuou na molécula de adenosina trifosfato (ATP), integrante do DNA, RNA e fosfolípidos. O potássio agiu no potencial osmótico e transporte por membrana neutralizando ânions. O magnésio atuou na molécula de clorofila e ativação de enzimas e manganês constituinte do fotossistema II da fotossíntese (Epstein e Bloom, 2004). Esses apresentaram herdabilidades médias, indicando que em função da molécula do possível produto sistêmico a ser abordado, o mesmo poderá ser utilizado com caráter amplo nas progênes em função dos caracteres herdáveis, indicando pequena a influência ambiental na variação total (Resende, 2007a).

Em se tratando de herdabilidades médias de progênes, os níveis de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês apresentaram elevados índices indicando que, entre eles, cálcio com 0,92 é o de maior notoriedade também em nível de progênes.

Nitrogênio, cobre e ferro alcançaram as menores acurácias, nas quais a possível seleção por estes elementos se tornaria prejudicada e subestimada em relação aos demais que, em média, alcançaram valores superiores a 0,7273.



Tabela 1. Estimativa dos parâmetros genéticos com relação à nutrição, amostras da parte aérea, do teste de progênie de *Eucalyptus grandis* avaliado a duas semanas após aplicação do produto 2,4-D (3,75 µL.L<sup>-1</sup>).

Table 1. Estimation of genetic parameters in function of mineral nutrition of aerial part of *Eucalyptus grandis* after two weeks of 2,4-D application (3.75 µL.L<sup>-1</sup>).

Parâmetros genéticos	Macro e micronutrientes									
	g.10 <sup>-3</sup>					mg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Zn
$\hat{\sigma}_g^2$	0,0261	0,0314	0,2597	2,9275	0,1071	0,0003	0,1830	0,0394	2,4729	1,2420
$\hat{\sigma}_e^2$	0,3446	0,0196	0,1787	0,7355	0,0911	0,0005	0,4889	0,2290	15,7854	2,3535
$\hat{\sigma}_f^2$	0,3707	0,5103	0,4384	3,6630	0,1982	0,0008	0,6718	0,2684	18,2583	3,5956
$\hat{h}_g^2$	0,07 ± 0,10	0,61 ± 0,29	0,59 ± 0,28	0,80 ± 0,33	0,54 ± 0,27	0,39 ± 0,23	0,27 ± 0,19	0,15 ± 0,14	0,14 ± 0,13	0,34 ± 0,21
$\hat{h}_m^2$	0,19	0,83	0,81	0,92	0,78	0,65	0,53	0,34	0,32	0,61
Acprog	0,4305	0,9096	0,9019	0,9606	0,8826	0,8093	0,7273	0,5837	0,5654	0,7829
CV <sub>gp</sub> (%)	2,52	7,02	9,69	13,51	9,16	1,22	3,30	5,90	4,64	7,80
CV <sub>e</sub> (%)	9,15	5,56	8,04	6,77	8,45	1,53	5,39	14,21	11,74	10,74
CVr	0,28	1,26	1,20	2,00	1,08	0,80	0,61	0,42	0,40	0,72
Média	6,4167	2,5227	5,2583	12,6600	3,5717	1,4139	12,9634	3,3667	33,8500	14,2800
LRT(λ <sup>2</sup> )	0,27 <sup>ns</sup>	21,03 <sup>**</sup>	19,26 <sup>**</sup>	42,86 <sup>**</sup>	15,60 <sup>**</sup>	7,72 <sup>**</sup>	3,82 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	6,12 <sup>*</sup>

$\hat{\sigma}_g^2$  : variância genotípica;  $\hat{\sigma}_e^2$  : variância residual;  $\hat{\sigma}_f^2$  : variância fenotípica individual;  $\hat{h}_g^2$  : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo;  $\hat{h}_m^2$  : herdabilidade da média de progênie; Acprog: acurácia da seleção de progênie; CV<sub>gp</sub>(%): coeficiente de variação genotípica; CV<sub>e</sub>(%): coeficiente de variação residual; CVr: coeficiente de variação relativa; Média geral do experimento; LRT: Teste da Razão de Verossimilhança.

O coeficiente de variação genética entre progênes demonstrou alta variação no caráter ferro, porém com relação negativa aos demais parâmetros. O caráter de notoriedade seria o elemento cálcio, com 13,51, indicando que há variabilidade genética.

Porém, com  $CV_r$  de 2,00 o elemento cálcio se destacou entre os demais neste fator, classificando-se como norteador da interação do regulador vegetal com a cultura, para servir de padrão envolvendo os estudos de melhoramento (Vencovsky, 1969). Quanto maior for o  $CV_r$ , este indica o

fator norteador de avaliação dos experimentos de *Eucalyptus grandis* com subdosagens de 2,4-D.

As herdabilidades junto as acurácias comprovam valores excelentes, indicando eficiência de uma seleção geral envolvendo o teste de progênie, caracterizando uma situação favorável à seleção destes caracteres.

A maioria das correlações genéticas (Tabela 2) foi de baixa magnitude. No entanto, destacam-se nessa fase (duas semanas após a aplicação de 2,4-D em mudas de *E. grandis*) as correlações entre os teores dos elementos: P x K (0,75); Ca x Mn (0,75) e Ca x Mg (0,70).

Tabela 2. Correlações genéticas de macro ( $\text{g} \cdot 10^{-3}$ ) e micronutrientes (mg) da parte aérea após duas semanas de aplicação de 2,4-D em progênes de *Eucalyptus grandis*.

Table 2. Genetic correlations of macro ( $\text{g} \cdot 10^{-3}$ ) and micronutrients (mg) of aerial parts after two weeks of 2,4-D application in *Eucalyptus grandis* progenies.

	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N	0,29	0,44	<b>0,58</b>	0,36	-0,14	0,15	0,33	0,00	0,40	-0,14
P	–	<b>0,75</b>	0,31	0,30	0,38	<b>0,57</b>	0,24	-0,22	0,38	-0,42
K	–	–	0,21	0,33	0,18	<b>0,60</b>	0,15	-0,11	0,38	-0,28
Ca	–	–	–	<b>0,70</b>	0,11	0,07	<b>0,50</b>	0,06	<b>0,75</b>	-0,03
Mg	–	–	–	–	0,48	0,34	0,06	0,33	0,67	0,20
S	–	–	–	–	–	0,36	0,18	0,14	0,16	0,33
B	–	–	–	–	–	–	-0,15	-0,16	0,34	0,00
Cu	–	–	–	–	–	–	–	-0,23	0,32	-0,16
Fe	–	–	–	–	–	–	–	–	0,01	<b>0,51</b>
Mn	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-0,22

#### 4 CONCLUSÕES

A expressão da variação genética para os teores dos macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn), na fase de mudas, é considerável em progênes de *E. grandis*, após aplicação do 2,4-D em subdosagem.

Em relação aos teores dos macronutrientes, recomenda-se a utilização do teor de Ca como a variável a ser selecionada para a obtenção de um maior ganho na seleção; no que se refere aos micronutrientes, à indicação fica para o teor de Mn.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONSTANTIN, J. et al. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de fumo e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. **Eng. Agríc.**, v. 27, p. 30-34, 2007.
- CUNHA, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DANIELS, J.D. Role of tree improvement in intensive forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 8, n. 3/4, p. 161-165, 1984.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2004. 403 p.

FERNANDES, J.S.C. et al. Estudo comparativo de delineamentos experimentais para estimativas de parâmetros genéticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. - Hil.). **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 663-671, 2004.

FRAGOSO, A.M. **Variações nos níveis de elementos minerais após aplicações de 2,4-D em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

\_\_\_\_\_. et al. Efeito do 2,4-D na translocação de nutrientes na cultura do feijoeiro. In: MOSTRA CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 7., Botucatu, 2011. Disponível em: <www.fca.unesp.br/Home/Pesquisa/MostraCientifica/trabs/57.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2014.

\_\_\_\_\_. et al. Utilização de 2,4-D como biorregulador. In: MOSTRA CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 8., Botucatu, 2012a. Disponível em: <www.fca.unesp.br/Home/Pesquisa/.../inscricao/.../1347639226trab.dot>. Acesso em: 5 fev. 2014.

\_\_\_\_\_. et al. Efeito do regulador auxina (2,4-D) na área foliar e matéria seca em eucalipto. In: CONGRESSO DE BIOCÊNCIAS, Botucatu, 2012b. Disponível em: <www.ibb.unesp.br/#!/eventos/congresso-de-biociencias/resumos>. Acesso em: 9 nov 2012.

\_\_\_\_\_. et al. 2,4-D em sub-dosagens em *Eucalyptus grandis*. In: CONINCE, 5., Avaré, 2012c. Disponível em: <www.eduvaleavare.com.br/conince/resumos> Acesso em: 1 jan 2013.

\_\_\_\_\_. et al. Metabolismo fisiológico de 2,4-D em *Eucalyptus grandis*. In: CONINCE, 6., Avaré, 2013. Disponível em: <www.eduvaleavare.com.br/conince/resumos>. Acesso em: 1 fev 2014.

HEMPHILL, D.D.; MONTGOMERY, M.L. Response of vegetable crops to sublethal application of 2,4-D. **Weed Science**, v. 29, p. 632-635, 1981.

KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafôs, 1997. 319 p.

MORAES, M.L.T. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari**. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

NASCIMENTO, E.R.; YAMASHITA, O.M. Desenvolvimento inicial de olerícolas cultivadas em solos contaminados com resíduos de 2,4-D + picloram. **Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, p. 47-54. 2009.

REIS, M.R. et al. Dinâmica de nutrientes em tecidos foliares de cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 175-184, 2008.

RESENDE, M.D.V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, n. 22/23, p. 61-77, 1991.

\_\_\_\_\_. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 362 p.

\_\_\_\_\_. **Software SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.

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

VENCOVSKY, R., Genética quantitativa. In: KERR, W.E. **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos: Editora da Universidade de São Paulo, 1969. p. 17-38.

WALL, D.A. Effect of sublethal dosages of 2,4-D on annual broadleaf crops. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 76, n. 1, p. 179-85, 1996.



**COMPARAÇÃO DE ASPECTOS FENOLÓGICOS E DE FRUGIVORIA ENTRE A  
PALMEIRA NATIVA *Euterpe edulis* Mart. E A PALMEIRA EXÓTICA *Phoenix roebelenii* O'Brien  
(ARECACEAE) NO SUDESTE DO BRASIL<sup>1</sup>**

**COMPARATIVE FRUIT PHENOLOGY AND FRUGIVORY BETWEEN THE  
NATIVE PALM *Euterpe edulis* Mart. AND THE EXOTIC PALM *Phoenix roebelenii* O'Brien  
(ARECACEAE) IN SOUTHEASTERN BRAZIL**

Taís OMOTE<sup>2</sup>; Alexsander Zamorano ANTUNES<sup>2, 3</sup>; Ciro Koiti MATSUKUMA<sup>2</sup>

**RESUMO** – A dispersão de sementes de vegetais exóticos por animais nativos é um dos fatores associados a invasões biológicas. Visando colaborar para maior compreensão sobre o estabelecimento dessa relação, os objetivos do presente trabalho foram comparar os padrões fenológicos de frutificação e caracterizar a assembleia de aves visitantes de duas palmeiras, a nativa *Euterpe edulis* e a exótica *Phoenix roebelenii* no Parque Estadual Alberto Löfgren. *Phoenix roebelenii* é originária do sudeste da Ásia, frequentemente utilizada no paisagismo urbano, e apresenta-se disseminada no sub-bosque florestal do Parque Estadual Alberto Löfgren. Contudo, ela não é considerada uma espécie invasora em território brasileiro. Os padrões fenológicos de 30 indivíduos adultos de cada espécie de palmeira foram acompanhados mensalmente entre abril de 2012 e março de 2014. A caracterização das assembleias de aves visitantes foi obtida por meio de observação focal. As palmeiras diferiram em seus padrões fenológicos apresentando sobreposição parcial na fenofase frutos maduros, mas não em seus picos de frutificação. Considerando-se apenas os dispersores em potencial de ambas as espécies, observou-se que aves distintas foram responsáveis pelas maiores taxas de consumo de frutos obtidas para cada uma das palmeiras. Os dados do presente trabalho sugerem que a palmeira exótica se tornou importante fonte de alimento para aves nativas nessa unidade de conservação, e que em decorrência dessa interação ocorre a dispersão de sementes, a qual provavelmente contribui para o recrutamento bem-sucedido dessa planta no local, o que justificaria o desenvolvimento de pesquisas sobre o impacto do seu estabelecimento sobre as espécies vegetais nativas.

Palavras-chave: Aves; invasão biológica; Mata Atlântica.

**ABSTRACT** – Seed dispersal of exotic plants by native animals is one factor associated with biological invasions. Aiming to contribute to the understanding of establishment of this relationship, the objectives of this study were to compare fruit phenology and to characterize the bird visitors of two palm trees, the native *Euterpe edulis* and the exotic *Phoenix roebelenii* in Alberto Löfgren State Park, southeastern Brazil. *Phoenix roebelenii* came from Southeast Asia and are often used in urban gardens. This palm is naturally disseminated in the forest understory of Alberto Löfgren State Park. However, currently, it is not considered an invasive species in Brazil. The phenological patterns of 30 adult individuals of each palm species were monitored monthly, between April 2012 and March 2014. Characterization of bird assemblages was obtained by focal observation, resulting in 10 samples of two hours per palm species. Palm trees differed in their phenological patterns showing partial overlap in phenology of ripe fruits, but not in their fruiting peak. The data obtained in this study suggest that the exotic palm tree has become an important food source for native birds of the Alberto Löfgren State Park and that due to this interaction seed dispersal occurs and probably contributes to the successful recruitment of this plant locally, which would justify the development of researches on the impact of its establishment on native plant species.

Keywords: birds; biological invasion; Atlantic Forest.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 11.07.14. Aceito para publicação em 14.10.14.

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

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Alexsander Zamorano Antunes – alexza@if.sp.gov.br

## 1 INTRODUÇÃO

Frutos de palmeiras (Arecaceae) são importante fonte energética para diversos vertebrados (Zona e Henderson, 1989; Zona, 2006). No Brasil, palmeiras nativas e exóticas são frequentemente incluídas no paisagismo, em parques públicos, praças, jardins e canteiros de avenidas (Lorenzi et al., 2004). Algumas das palmeiras exóticas apresentam potencial de invasão biológica, que pode prejudicar espécies de palmeiras ou de outras plantas nativas (Dislich et al., 2002; Mengardo et al., 2012).

Muitas das invasões biológicas estudadas iniciaram-se em áreas urbanas ou periurbanas (Rose, 1997). No caso das palmeiras, a dispersão de sementes por frugívoros nativos é um fator crucial para o sucesso do seu estabelecimento (Fonseca e Antunes, 2007; Mengardo et al., 2012). Assim, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar, em uma localidade periurbana, as assembleias de aves visitantes de duas palmeiras ornitocóricas sintópicas e que se dispersam naturalmente na área, a nativa juçara *Euterpe edulis* Mart. e a exótica tamareira-anã *Phoenix roebelenii* O'Brien.

Os objetivos específicos foram avaliar comparativamente, entre as duas espécies de palmeiras, a produção de diásporos e a disponibilidade de frutos maduros ao longo do ano. Também, se pretendeu caracterizar as assembleias visitantes considerando-se o comportamento de consumo dos frutos e o potencial de dispersão das sementes, com a finalidade de verificar diferenças entre as palmeiras nos padrões de interações com as aves. A partir da consecução desses objetivos, foram avaliadas as seguintes hipóteses:

- 1) as palmeiras não diferem em seus padrões fenológicos, apresentando alta sobreposição na disponibilidade de frutos maduros ao longo do ano;
- 2) considerando-se que as duas palmeiras produzem frutos de aparência similar, para consumidores visualmente orientados, existe alta similaridade na composição das assembleias de visitantes das duas palmeiras.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na área administrativa do Instituto Florestal, no Parque Estadual Alberto Löfgren – PEAL, São Paulo–SP (23°27'43"S, 46°37'59"W; 723 m de altitude; Figura 1). O parque ocupa uma área de 174 ha, com vegetação constituída por remanescente de Floresta Ombrófila Densa Montana em estádios inicial e médio de sucessão ecológica e por talhões reflorestados com espécies vegetais nativas e exóticas que, na maioria das vezes, apresentam um sub-bosque bem desenvolvido com predomínio de espécies vegetais nativas. O PEAL é contíguo ao Parque Estadual da Cantareira, que ocupa uma área de 7.900 ha. As duas Unidades de Conservação são consideradas, internacionalmente, uma "Important Bird Area – IBA", isto é, uma Área Importante para a Conservação das Aves (Bencke et al., 2006).

A juçara *Euterpe edulis* Mart. ocorre tanto nos remanescentes naturais quanto no sub-bosque dos talhões. Espécie nativa da Mata Atlântica e de matas de galeria do Cerrado, atinge até 20 m de altura, apresenta alta densidade em florestas não perturbadas e frutifica por um período superior a seis meses, produzindo grande quantidade de frutos que são consumidos por mais de 30 espécies de vertebrados (Galetti et al., 1999). Trata-se de espécie vulnerável à extinção no Brasil devido ao corte ilegal para a extração de palmito em toda a sua área de distribuição geográfica (Martinelli e Moraes, 2013).

Já a tamareira-anã *Phoenix roebelenii* O'Brien foi utilizada no paisagismo de áreas do PEAL, disseminando-se para alguns dos talhões (Figura 2). Originária do norte do Laos e do Vietnã e sudoeste da China, atinge de 2 a 4 metros de altura e é amplamente utilizada em projetos de paisagismo em todo o Brasil (Lorenzi et al., 2004; Iossi et al., 2007). Seus frutos são muito procurados por aves (Lorenzi et al., 2004; Fonseca e Antunes, 2007).



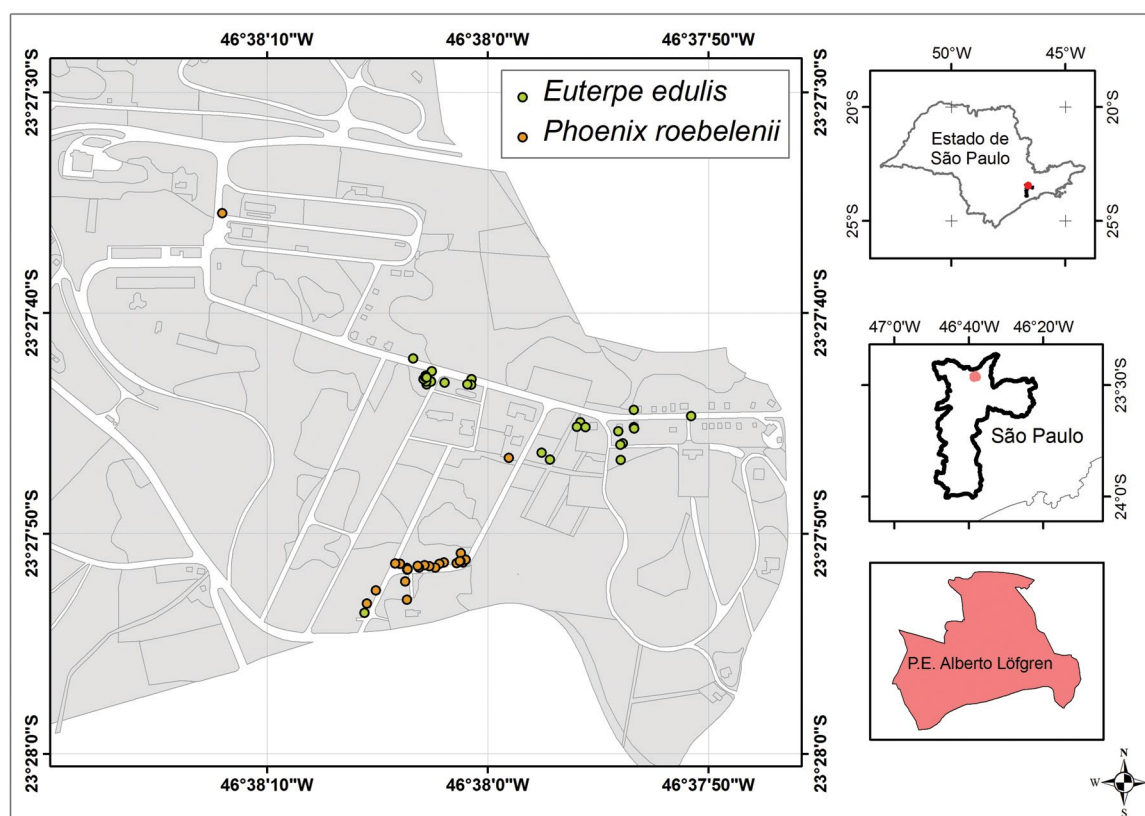


Figura 1. Localização do Parque Estadual Alberto Löfgren–SP, com a distribuição das palmeiras estudadas.

Figure 1. Location of Alberto Löfgren State Park, São Paulo state southeastern Brazil, with the distribution of sampled palm trees.



Figura 2. Detalhe de área do Parque Estadual Alberto Löfgren com presença da tamareira-anã *Phoenix roebelenii* no sub-bosque florestal.

Figura 2. Presence of *Phoenix roebelenii* at forest understory in Alberto Löfgren State Park.

A coleta de dados ocorreu entre abril de 2012 e março de 2014. Inicialmente, foram percorridas as trilhas e estradas disponíveis, identificando-se as palmeiras adultas. Trinta indivíduos por espécie tiveram suas posições obtidas com GPS (Figura 1). Semanalmente, cada palmeira foi visitada registrando-se a fenofase em que esta se encontrava. No auge da fenofase frutos maduros, foi efetuada a observação focal (Lehner, 1979) para a caracterização da assembleia de aves visitantes. Cinco indivíduos de cada espécie de palmeira foram observados durante cinco dias em 2012 e cinco dias em 2013, por duas horas consecutivas diárias cada indivíduo, resultando em 10 amostras de visitação por espécie de palmeira. As observações ocorreram em maio de 2012 e de 2013 para *Phoenix roebelenii* e em setembro de 2012 e julho de 2013 para *Euterpe edulis*. Durante a fenofase frutos maduros do ano de 2012, foram coletados aleatoriamente 30 frutos por espécie de palmeira para a obtenção de medidas morfométricas. A média de frutos por espécie de palmeira foi obtida pela contagem de frutos de 10 cachos de 10 indivíduos de cada espécie. O número médio de frutos dos cachos foi multiplicado pelo total de cachos que apresentaram frutos maduros por espécie no período. A média obtida foi multiplicada pelo total de cachos que apresentaram frutos maduros no período.

As observações focais foram realizadas a uma distância aproximada de cinco metros das palmeiras, registrando-se as aves visitantes, bem como o seu comportamento, com auxílio de binóculos 8x40. As observações foram iniciadas em torno das 8h. O horário de coleta de dados foi definido a partir de um projeto-piloto, no qual se registrou o período de 8h às 10h como o de maior atividade das aves visitantes. Foi considerado um *feeding bout* cada vez que uma ave ou um grupo de aves foi observado consumindo um fruto independente da duração do comportamento alimentar (Galetti et al., 1999). As correlações da porcentagem de frutos maduros/mês entre as espécies de palmeira e da precipitação média mensal e o percentual médio de frutos maduros disponível por mês para cada espécie de palmeira foram obtidas por meio do coeficiente de postos de Spearman ( $r_s$ ). Valores médios são acompanhados por seu desvio-padrão e foram comparados por meio do teste Mann-Whitney (U). Os testes estatísticos foram efetuados com o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2008).

A similaridade na composição de espécies entre as assembleias de aves visitantes das duas palmeiras foi comparada por meio do índice de Jaccard – ISJ (Magurran, 1988).

Os dados de precipitação pluviométrica mensal foram obtidos no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia e referem-se à estação do Mirante de Santana localizada a aproximadamente 4,5 km da área de estudo (Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2014).

A nomenclatura utilizada para os táxons de aves segue a proposta do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção média foi estimada em  $8.669,5 \pm 2.073,84$  frutos por palmeira para *Euterpe edulis* e em  $2.681 \pm 536$  para *Phoenix roebelenii*. O diâmetro médio dos frutos de *E. edulis* foi de  $12,03 \pm 0,41$  mm e de  $9,93 \pm 0,74$  mm para *P. roebelenii*, esta variável diferiu significativamente entre as duas palmeiras,  $U = 7$ ,  $p < 0,0001$ .

Os picos de disponibilidade de frutos maduros diferiram entre as duas palmeiras nos dois anos de amostragem (Figura 3), resultando em correlação de baixa intensidade entre as porcentagens de frutos maduros entre as espécies,  $r_s = 0,18$ ,  $p = 0,39$ . Essa fenofase variou acentuadamente sua distribuição mensal entre os anos considerados para *E. edulis*, mas não para *P. roebelenii* (Figura 3). Não houve correlação significativa entre a precipitação média mensal e o percentual médio de frutos maduros disponível por mês para esta última espécie,  $r_s = -0,54$ ,  $p = 0,033$  (Figura 3). Já o percentual médio de frutos maduros de *E. edulis* apresentou correlação negativa significativa com a precipitação mensal,  $r_s = -0,76$ ,  $p < 0,02$ .

A variação no pico da fenofase frutos maduros entre anos para a palmeira juçara foi relatada em outras localidades do Sudeste do Brasil (Galetti et al., 1999). A estratégia fenológica de *E. edulis*, com maior produção de frutos, disponibilidade de frutos maduros a maior parte do ano e com variação nos picos dessa fenofase entre anos, poderia fazê-la ter mais sucessora ocupação dos talhões em relação a *Phoenix roebelenii*, fato que deve ser avaliado em pesquisas futuras.

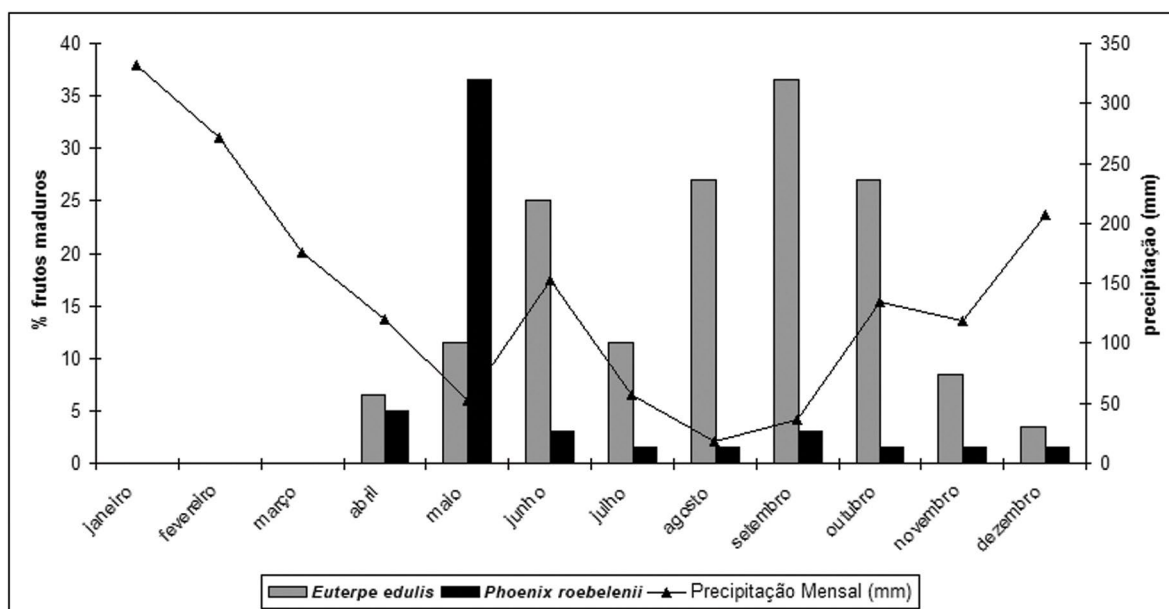


Figura 3. Distribuição percentual de frutos maduros das palmeiras *Euterpe edulis* e *Phoenix roebelenii* no período de abril de 2012 a março de 2014, em relação à precipitação média mensal, no Parque Estadual Alberto Löfgren-SP.

Figure 3. Monthly percentage distribution of ripen fruits of *Euterpe edulis* and *Phoenix roebelenii* palms, and average monthly precipitation in Alberto Löfgren State Park.

Quanto às aves visitantes, foram registradas 19 espécies para *P. roebelenii* e 10 para *E. edulis* (Tabela 1, figuras 4 e 5). Em ambas as palmeiras, a curva de acúmulo de espécies visitantes atingiu a assíntota após a sexta amostra (Figura 6). A assembleia de visitantes de *E. edulis* contou com uma espécie exclusiva, o pavó *Pyroderus scutatus* (Shaw, 1792). Esta espécie e a araponga *Procnias nudicollis* (Vieillot, 1817) são consideradas ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo (São Paulo, 2014), sendo que a última também é considerada vulnerável internacionalmente (International Union for Conservation of Nature – IUCN, 2014).

*P. roebelenii* apresentou riqueza média de visitantes por amostra,  $8,9 \pm 1,45$ , significativamente maior do que a obtida para *E. edulis*,  $5 \pm 1,15$ ,  $U = 0$ ,  $p < 0,01$ . A média de *feeding bouts* por amostra também diferiu significativamente entre ambas,  $53,30 \pm 22,61$  e  $21,20 \pm 12,41$ , respectivamente,  $U = 10,50$ ,  $p = 0,0028$  (Tabela 2). Assim, o maior número de frutos produzidos por *E. edulis* e sua maior disponibilidade de frutos ao longo do ano em relação à *P. roebelenii* não se traduziram numa maior riqueza de espécies visitantes e maior número de *feeding bouts*. O tamanho menor dos frutos de *P. roebelenii* em relação aos de *E. edulis* pode ter atraído maior diversidade de aves visitantes, com distintos tamanhos corporais e aberturas de bico.



Tabela 1. Aves consumidoras dos frutos das palmeiras *Euterpe edulis* e *Phoenix roebelenii* no Parque Estadual Alberto Löfgren–SP, com o total de *feeding bouts* obtidos para cada espécie.Table 1. Bird species consuming fruits of *Euterpe edulis* and *Phoenix roebelenii* palms in Alberto Löfgren State Park, with the feeding bouts.

Nome do Táxon	Nome em Português	<i>P. roebelenii</i>	<i>E. edulis</i>
Galliformes Linnaeus, 1758			
Cracidae Rafinesque, 1815			
<i>Penelope obscura</i> Temminck, 1815	jacuaçu	1	4
Piciformes Meyer & Wolf, 1810			
Ramphastidae Vigors, 1825			
<i>Ramphastos dicolorus</i> Linnaeus, 1766	tucano-de-bico-verde	2	14
Psittaciformes Wagler, 1830			
Psittacidae Rafinesque, 1815			
<i>Pyrrhura frontalis</i> (Vieillot, 1817)	tiriba-de-testa-vermelha	1	6
<i>Brotheris tirica</i> (Gmelin, 1788)	periquito-rico	1	0
Passeriformes Linnaeus, 1758			
Cotingidae Bonaparte, 1849			
<i>Procnias nudicollis</i> (Vieillot, 1817)	araponga	2	24
<i>Pyroderus scutatus</i> (Shaw, 1792)	pavó	0	3
Tyrannidae Vigors, 1825			
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	bem-te-vi	5	22
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	neinei	6	0
Turdidae Rafinesque, 1815			
<i>Turdus flavipes</i> Vieillot, 1818	sabiá-una	50	74
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	sabiá-barranco	78	37
<i>Turdus rufiventris</i> Vieillot, 1818	sabiá-laranjeira	220	23
<i>Turdus amaurochalinus</i> Cabanis, 1850	sabiá-poca	12	5
<i>Turdus subalaris</i> (Seebohm, 1887)	sabiá-ferreiro	1	0
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	sabiá-coleira	13	0
Thraupidae Cabanis, 1847			
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	cambacica	14	0
<i>Tachyphonus coronatus</i> (Vieillot, 1822)	tiê-preto	1	0
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	sanhaçu-cinzento	66	0
<i>Tangara palmarum</i> (Wied, 1823)	sanhaçu-do-coqueiro	47	0
<i>Tangara cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saíra-amarela	11	0
<i>Dacnis cayana</i> (Linnaeus, 1766)	saí-azul	2	0



Figura 4. Aves consumidoras dos frutos da palmeira *Euterpe edulis* no Parque Estadual Alberto Löfgren–SP: *Pyroderus scutatus* (A), *Procnias nudicollis* (B), *Ramphastos dicolorus* (C) e *Turdus flavipes* (D).

Figure 4. Birds consuming fruits of *Euterpe edulis* palm in Alberto Löfgren State Park: *Pyroderus scutatus* (A), *Procnias nudicollis* (B), *Ramphastos dicolorus* (C) e *Turdus flavipes* (D).



Figura 5. Aves consumidoras dos frutos das palmeiras *Phoenix roebelenii* no Parque Estadual Alberto Löfgren–SP: *Penelope obscura* (A), *Turdus rufiventris* (B), *Tangara cayana* (C) e *Tangara palmarum* (D).

Figure 5. Birds consuming fruits of *Phoenix roebelenii* palm in Alberto Löfgren State Park: *Penelope obscura* (A), *Turdus rufiventris* (B), *Tangara cayana* (C) e *Tangara palmarum* (D).

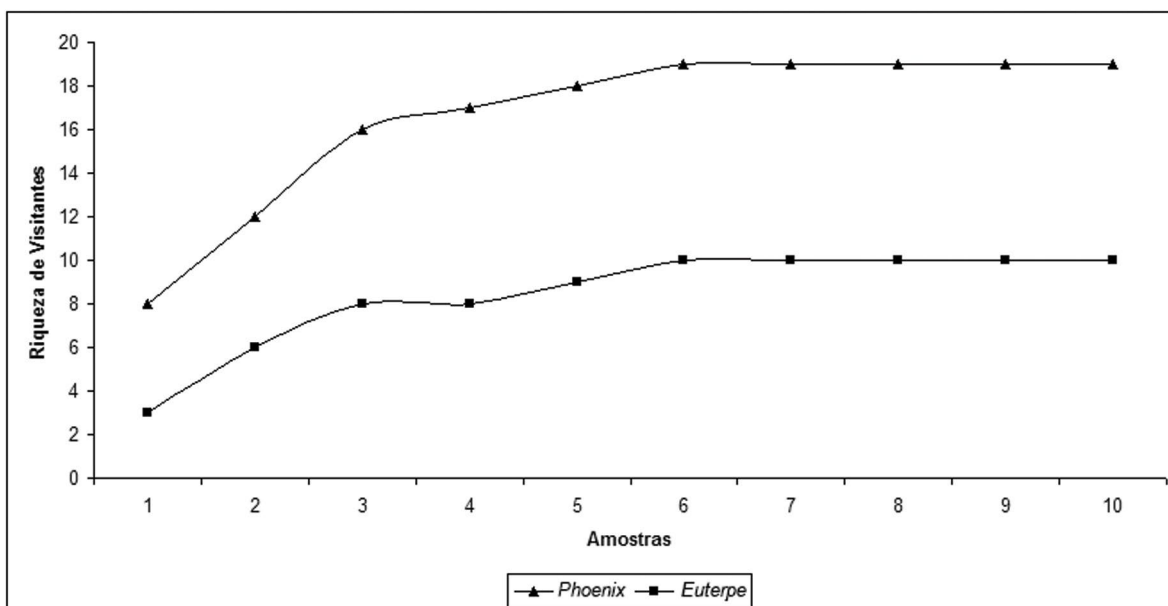


Figura 6. Curvas de acúmulo de espécies de aves visitantes das palmeiras *Euterpe edulis* e *Phoenix roebelenii* no Parque Estadual Alberto Löfgren-SP.

Figure 6. Species accumulation curves for bird visitor of *Euterpe edulis* and *Phoenix roebelenii* palms in Alberto Löfgren State Park.

Tabela 2. Total de *feeding bouts* por amostra, considerando-se todas as espécies de aves visitantes das palmeiras *Euterpe edulis* e *Phoenix roebelenii* no Parque Estadual Alberto Löfgren-SP.

Table 2. Total feeding bouts per sample, considering all species of birds visitors of palms *Euterpe edulis* and *Phoenix roebelenii* in Alberto Löfgren State Park.

Amostra	Feeding bouts	
	<i>Phoenix</i>	<i>Euterpe</i>
1	23	6
2	43	27
3	68	40
4	55	28
5	47	15
6	86	38
7	82	16
8	70	26
9	32	9
10	27	7



A previsibilidade da frutificação de *P. roebelenii* em relação à de *E. edulis* também pode ter influenciado no fato de a primeira palmeira ter apresentado mais visitantes. A sobreposição parcial da fenofase frutos maduros, com picos em meses distintos para cada espécie, pode favorecer a dispersão das sementes de ambas as palmeiras. Em conjunto, elas ofertaram frutos maduros na maior parte do período de estudo. Isso pode ter contribuído para a manutenção de populações das aves frugívoras na área, principalmente dispersores de grande porte, que se deslocam por distâncias maiores, como o tucano-de-bico-verde *Ramphastos dicolorus* e a araponga *Procnias nudicollis*. Entretanto, cabe ressaltar que devido à variação fenológica de *E. edulis*, a sobreposição nos picos de frutificação entre as palmeiras variou entre os anos, indicando que pode haver maior competição por dispersores em determinados períodos.

A similaridade na composição de espécies entre as assembleias de aves visitantes das duas palmeiras foi moderada, ISJ = 0,45. Restringindo-se a análise às espécies dispersoras potenciais de sementes, representantes das famílias Cracidae, Ramphastidae, Cotingidae, Tyrannidae e Turdidae, observa-se que 90% das visitantes de *E. edulis* e 58% das de *P. roebelenii* se enquadram nesta categoria, enquanto no caso dos *feeding bouts*, as dispersoras responderam por 97% e 73% do total de registros, respectivamente (Tabela 1). A similaridade na composição de dispersores potenciais entre as duas palmeiras foi maior do que a similaridade entre as assembleias de aves visitantes, ISJ = 0,66.

Espécies do gênero *Turdus* foram as principais consumidoras dos frutos de ambas as palmeiras, contudo estas diferiram em relação à espécie dominante. *Turdus rufiventris* representou 41% dos registros de visitantes obtidos para *P. roebelenii*, enquanto *Turdus flavipes* constituiu 35% dos registros para *E. edulis* (Tabela 1). A observação do sabiá-ferreiro *Turdus subalaris* (Seeböhm, 1887) consumindo fruto de *P. roebelenii* representa o primeiro registro desta ave para o Parque Estadual Alberto Löfgren (Antunes e Eston, 2008).

Os sabiás *Turdus* spp. são os principais dispersores de sementes de frutos ornitocóricos no PEAL (Fonseca e Antunes, 2007) e o

sabiá-una é considerado o principal visitante da palmeira juçara *E. edulis* em várias localidades da Mata Atlântica (Galetti et al., 1999; Cerisola et al., 2007; Fonseca e Antunes, 2007; Fadini et al., 2009; Castro et al., 2012). O comportamento dos sabiás pode fazê-los dispersores mais eficientes do que espécies de maior porte, pois eles tendem a permanecer por menos tempo nas palmeiras do que essas aves, provavelmente por enfrentarem um maior risco de predação (Howe, 1979; Silva et al., 2008). Tucanos e arapongas foram observados regurgitando sementes sob a palmeira visitada. Assim, faz-se necessário avaliar a efetividade da dispersão das sementes pelos dispersores potenciais (Schuppe, 1993; Galetti et al., 1999; 2000). Todavia, sabiás selecionam sementes menores de *E. edulis*, o que pode trazer consequência para o recrutamento e a dinâmica populacional desta palmeira em localidades em que dispersores de maior porte estejam ausentes, pois sementes pequenas apresentam maior mortalidade do que as maiores em condições de dessecação, e resultam em plântulas de menor porte (Galetti et al., 2013).

Psitacídeos atuaram como predadores de sementes, enquanto traupídeos retiraram pedaços da polpa dos frutos nos próprios cachos, algumas vezes descartando as sementes embaixo da palmeira-mãe.

Ambas as hipóteses testadas no estudo foram rejeitadas já que as palmeiras diferiram em seus padrões fenológicos apresentando sobreposição parcial na fenofase frutos maduros, mas não em seus picos de frutificação, e que devido ao menor número de espécies visitantes registradas para *E. edulis*, aproximadamente metade do total registrado para *P. roebelenii*, a similaridade na composição das assembleias de visitantes das duas palmeiras foi moderada. Cabe destacar que, considerando-se apenas os dispersores em potencial de ambas as espécies, apesar da maior similaridade neste subconjunto das assembleias de visitantes, observa-se que espécies de aves distintas foram responsáveis pelas maiores taxas de consumo de frutos obtidas para cada uma das palmeiras.

Os resultados indicam que a palmeira exótica *P. roebelenii*, tornou-se uma importante fonte de alimento para espécies de aves nativas no Parque Estadual Alberto Löfgren e que, em decorrência desta interação, ocorre a dispersão de suas sementes nesta Unidade de Conservação.

No momento, a população invasora de *P. roebelenii* encontra-se estabelecida em áreas anteriormente alteradas pela ação humana, talhões de plantios de arbóreas não manejados. Entretanto, considerando-se que se trata de uma unidade de conservação de proteção integral, em cujo plano de manejo preconiza-se a restauração ecológica de suas áreas degradadas (São Paulo, 2012), pesquisas sobre o impacto do estabelecimento de *P. roebelenii* sobre as espécies vegetais nativas devem ser efetuadas.

A gestão de áreas protegidas precisa considerar as funções ecológicas das espécies, independente de sua origem geográfica, avaliando os benefícios ou prejuízos que estão produzindo à biodiversidade, saúde humana e serviços ecossistêmicos (Davis et al., 2011; Durigan et al., 2013). O monitoramento é fundamental, pois os efeitos de espécies exóticas ou nativas em desequilíbrio populacional podem variar ao longo do tempo, e as que não causam danos aos ecossistemas, no momento, podem vir a causar no futuro (Davis et al., 2011). O impacto ao ecossistema no início de um processo de invasão biológica é local, e nesta fase, a solução para o problema ainda é viável (McNeely et al., 2003). A tamareira-anã *P. roebelenii* ainda não é reconhecida como espécie exótica invasora no Brasil (Instituto Hórus, 2014), mas apresenta grande potencial de se dispersar pelo ambiente, pois, como demonstrado pelo presente estudo, várias espécies de aves se alimentam de seus frutos.

Em áreas em que espécies exóticas zoocóricas já estão estabelecidas e interagindo com a fauna nativa, ações de controle e erradicação devem considerar o impacto da diminuição de recursos alimentares para os animais frugívoros do local (Gosper et al., 2005; Mengardo e Pivello, 2012; Buckley e Han, 2014). Em ações de manejo futuras, que considerem a retirada ou controle da população de *P. roebelenii* no Parque, deve-se avaliar antes o impacto sobre a avifauna que consome seus frutos. Para isso, são necessárias pesquisas sobre a biologia dessas aves visando quantificar a importância dos frutos da tamareira-anã *P. roebelenii* em sua dieta e também avaliar as espécies vegetais nativas que apresentam frutos maduros no mesmo período do ano.

#### 4 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Pesquisador Geraldo Antonio Daher Corrêa Franco da Seção de Ecologia Florestal do Instituto Florestal pelo auxílio na identificação das palmeiras, e aos dois revisores anônimos pelas importantes críticas e sugestões.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, A.Z.; ESTON, M.R. Avifauna do Parque Estadual Alberto Löfgren-São Paulo: diagnóstico e propostas para a conservação. **Revista do Instituto Florestal**, v. 20, n. 2, p. 195-211, 2008.
- AYRES, M. et al. **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, 2008. 364 p.
- BENCKE, G.A. et al. (Org.). **Áreas importantes para a conservação das aves no Brasil**. Parte I – Estados do Domínio da Mata Atlântica. São Paulo: SAVE Brasil, 2006. 494 p.
- BUCKLEY, Y.M.; HAN, Y. Managing the side effects of invasion control. **Science**, v. 344, n. 6187, p. 975-976, 2014.
- CASTRO, E.R. et al. Temporal variation in the abundance of two species of thrushes in relation to fruiting phenology in the Atlantic rainforest. **Emu**, v. 112, n. 2, p. 137-148, 2012.
- CERISOLA, C.M.; ANTUNES, A.Z.; PORT-CARVALHO, M. Consumo de frutos de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) por vertebrados no Parque Estadual Alberto Löfgren, São Paulo, Sudeste do Brasil. **IF Série Registros**, n. 31, p. 167-171, 2007.
- COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS – CBRO. **Listas das aves do Brasil**. 11. ed. versão 01/01/2014. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: 6 ago. 2014.
- DAVIS, M.A. et al. Don't judge species on their origins. **Nature**, v. 474, n. 7350, p. 153-154, 2011.

- DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V.R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 1, p. 55-64, 2002.
- DURIGAN, G. et al. Control of invasive plants: ecological and socioeconomic criteria for the decision making process. **Natureza & Conservação**, v. 11, n. 1, p. 23-30, 2013.
- FADINI, R.F. et al. Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm. **Acta Oecologica**, v. 35, n. 2, p. 188-196, 2009.
- FONSECA, F.Y.; ANTUNES, A.Z. Frugivoria e predação de sementes por aves no Parque Estadual Alberto Löfgren, São Paulo, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 81-91, 2007.
- GALETTI, M.; ZIPARRO, V.B.; MORELLATO, P.C. Fruiting phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland Atlantic Forest of Brazil. **Ecotropica**, v. 5, n. 2, p. 115-122, 1999.
- \_\_\_\_\_.; LAPS, R.; PIZO, M.A. Frugivory by toucans (Ramphastidae) at two altitudes in the Atlantic Forest of Brazil. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 842-850, 2000.
- \_\_\_\_\_. et al. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, v. 340, n. 6136, p. 1086-1090, 2013.
- GOSPER, C.R.; STANSBURY, C.D.; VIVIAN-SMITH, G. Seed dispersal of fleshy-fruited invasive plants by birds: contributing factors and management options. **Diversity and Distributions**, v. 11, n. 6, p. 549-558, 2005.
- HOWE, H.F. Fear and frugivory. **American Naturalist**, v. 114, n. 6, p. 925-931, 1979.
- INSTITUTO HÓRUS. **Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras**. Florianópolis I3N Brasil: Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Disponível em: <<http://i3n.institutohorus.org.br>>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>>. Acesso em: 16 abr. 2014.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. **IUCN red list of threatened species**. Cambridge: IUCN Species Survival Commission. Disponível em: <<http://www.redlist.org>>. Acesso em: 26 set. 2014.
- IOSSI, E. et al. Maturação fisiológica de sementes de *Phoenix roebelenii* O'Brien. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 147-154, 2007.
- LEHNER, P. **Handbook of ethological methods**. New York: Garland STPM, 1979. 403 p.
- LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Plantarum, 2004. 416 p.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M.A. (Org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- McNEELY, J.A.; NEVILLE, L.E.; REJMÁNEK, M. When is eradication a sound investment? **Conservation in Practice**, v. 4, n. 1, p. 30-31, 2003.
- MENGARDO, A.L.; PIVELLO, V.R. Phenology and fruit traits of *Archontophoenix cunninghamiana*, an invasive palm tree in the Atlantic forest of Brazil. **Ecotropica**, v. 18, n. 1, p. 45-54, 2012.
- \_\_\_\_\_. et al. Comparing the establishment of an invasive and an endemic palm species in the Atlantic rainforest. **Plant Ecology and Diversity**, v. 5, n. 3, p. 345-354, 2012.
- ROSE, S. Influence of suburban edges on invasion of *Pittosporum undulatum* into the bushland of northern Sydney, Australia. **Australian Journal of Ecology**, v. 22, n. 1, p. 89-99, 1997.
- SÃO PAULO (ESTADO). **Parque Estadual Alberto Löfgren**: Plano de Manejo. São Paulo: Instituto Florestal, 2012. 710 p. Disponível em: <[http://s.ambiente.sp.gov.br/if/Plano\\_de\\_Manejo\\_PE\\_Alberto\\_Lofgren.pdf](http://s.ambiente.sp.gov.br/if/Plano_de_Manejo_PE_Alberto_Lofgren.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 60.133, de 7 de fevereiro de 2014. Declara as espécies da fauna silvestre ameaçadas, as quase ameaçadas e as deficientes de dados para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 124, n. 27, 8 fev. 2014. Seção I, p. 25-32, 2014.

SCHUPPE, W. Quantity, quality, and the effectiveness of seed dispersal by animals. **Vegetatio**, v. 107/108, n. 1, p. 15-29, 1993.

SILVA, I.A.; FIGUEIREDO, R.A.; MATOS, D.M.S. Feeding visit time of fruit-eating birds in Cerrado plants: revisiting the predation risk model. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 4, p. 682-688, 2008.

ZONA, S. **Additions to “a review of animal-mediated seed dispersal of palms”**. 2006. Disponível em: <<http://www.virtualherbarium.org/palms/psdispersal.html>>. Acesso em: 16 maio 2014.

ZONA, S.; HENDERSON, A. A review of animal-mediated seed dispersal of palms. **Selbyana**, v. 11, p. 6-21, 1989.



**ALTERAÇÕES DA RELAÇÃO C/N DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO  
SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS EM BRASNORTE – MT<sup>1</sup>**

**CHANGES IN C/N RELATION OF A RED-YELLOW LATOSOL  
UNDER DIFFERENT PLANT CULTIVATIONS IN BRASNORTE – MT**

Cristiane Ramos VIEIRA<sup>2, 5</sup>; Oscarlina Lúcia dos Santos WEBER<sup>3</sup>;  
Rafael Ferreira LIUTI<sup>2</sup>; José Fernando SCARAMUZZA<sup>4</sup>

**RESUMO** – Este estudo objetivou analisar as alterações nos teores de carbono e de nitrogênio e na relação C/N em solos sob diferentes coberturas. Os sistemas avaliados foram: Floresta Secundária, pastagem, e plantios de teca (*Tectona grandis*) com 8, 13, 16 e 19 anos, utilizando o delineamento inteiramente casualizado para a coleta do solo nas profundidades 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm. Nas áreas dos plantios de *T. grandis* as amostras de solo foram coletadas na projeção da copa e nas entrelinhas, e nas áreas de pastagem e de Floresta Secundária a coleta foi aleatória. Verificou-se que os teores de carbono orgânico total – COT foram mais elevados nas primeiras camadas de solo, diminuindo conforme a profundidade. A manutenção dos teores de C e de N, semelhantes aos da Floresta Secundária, permitem caracterizar o solo dos sistemas pastagem e de cultivo de *T. grandis* como quimicamente não degradados, sendo que os valores de relação C/N indicam que o processo dominante em todos os sistemas foi a mineralização.

Palavras-chave: sistemas de manejo; estoque de carbono; estoque de nitrogênio; matéria orgânica.

**ABSTRACT** – This study aimed to analyze the changes in the levels of carbon and nitrogen and C/N relation in different soil covers. The systems evaluated were: Secondary Forest, pasture, and plantations of teak at 8, 13, 16 and 19 years old, using a completely randomized design in split plot to collect soil in three depths (0-5, 5-10 and 10-20 cm). In the area of teak plantations samples of soil were collected on the projection of the tree crown and between lines, in the pasture and Secondary Forest they were collected randomly. It was found that the concentration of total organic carbon – TOC was higher in the first depth, decreasing as the depth. The maintenance of the levels of C and N similar to Secondary Forest can characterize the soil of grass pastures systems and cultivation of teak as chemical not degraded and C/N relation indicates that the dominant process on all systems was the mineralization.

Keywords: management systems; carbon stock; nitrogen stock; organic matter.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 11.08.14. Aceito para publicação em 06.11.14.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, n. 2367, Bairro Boa Esperança, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Av. Fernando Corrêa da Costa, n. 2367, Bairro Boa Esperança, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil. oscsan@uol.com.br.

<sup>4</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Av. Fernando Corrêa da Costa, n. 2367, Bairro Boa Esperança, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil. jscaramuzza@uol.com.br.

<sup>5</sup>Autor para correspondência: Cristiane Ramos Vieira – cris00986@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

O Bioma Cerrado passa por intensa transformação da paisagem para dar suporte às grandes áreas de monocultivos. Nesse contexto, situa-se Brasnorte, município localizado na região norte de Mato Grosso e cujas principais atividades econômicas se baseiam na produção agrícola, pecuária e exploração madeireira em florestas nativa e plantada.

Em condições nativas, o solo organiza-se em uma estrutura bem definida pela sua composição granulométrica, química e atuação dos agentes biológicos. Sua conversão para agricultura convencional impõe mudanças drásticas nessa estabilidade, refletindo-se na perda da matéria orgânica – MO e dos agregados mais complexos (Bayer et al., 2006). De acordo com Matias et al. (2012), o intenso revolvimento do sistema de plantio convencional favorece a decomposição de MO, com efeitos negativos sob os atributos físicos no solo, pois a redução da matéria orgânica do solo – MOS ocasiona redução nos teores de C e de N, também observado por Souza et al. (2006); Matias et al. (2012) e Loss et al. (2013).

Segundo Denardin et al. (2014), o manejo inadequado do solo, ou a alteração da cobertura florestal, levam a grandes perdas do C estocado, em pouco tempo. Dessa maneira, o solo, considerado um reservatório ou um dreno de C, pode tornar-se fonte de C para a atmosfera, aumentando a concentração dos gases do efeito estufa. Enquanto as perdas de N acarretam em reduções no metabolismo das plantas e, conseqüentemente, no crescimento, comprometendo a produtividade de todo o cultivo. Portanto, o estoque de C de um solo sob vegetação natural representa o balanço entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização (Machado, 2005).

Segundo Santos (2008), uma alternativa para manter ou melhorar os estoques de MOS, de C, de N e a fertilidade é a utilização de sistemas de culturas que adicionam material orgânico. A manutenção dos resíduos culturais na superfície proporciona decomposição gradual e acúmulo do material orgânico no perfil do solo (Franzluebbers et al., 2007). Campos et al. (2013) observaram que os sistemas de plantio direto acumularam maiores teores de carbono orgânico total – COT e nitrogênio total – NT no perfil do solo, após cinco anos de implantação,

em razão da maior estabilidade das frações húmicas e menor grau de mineralização da MOS.

No entanto, resultados contraditórios têm sido observados, demonstrando que estes dependerão da cultura implantada, do solo e do bioma utilizado como referência. Pulrolnik et al. (2009) observaram que o cultivo do *Eucalyptus* não reduziu o estoque de C e de N da biomassa microbiana do solo em comparação com a do Cerrado e pastagem, contribuindo para o aumento da MOS. Moreira e Malavolta (2004) concluíram que a sucessão floresta primária-pastagem-cupuaçuza causa diminuição significativa da MO e do C da biomassa microbiana do solo. No entanto, a floresta primária apresentou maior relação C/N da biomassa, o que resultou em menor perda de C.

Enquanto Campolin (2006) observou que a conversão do Cerrado em plantios florestais de *T. grandis* alterou a capacidade de armazenamento de MOS, mantendo ou elevando os teores e estoques de MO no solo. Resultados contraditórios foram observados por Souza et al. (2006) ao verificarem que o estoque de C do solo reduziu em até 25% na área sob pastagem, em relação ao Cerrado, e a menor perda ocorreu na área sob sorgo em plantio direto (4%).

Portanto, uma das preocupações atuais é o desenvolvimento de pesquisas que verifiquem a influência dos sistemas de cultivo na qualidade do solo, utilizando C e N como indicativos. Desse modo, o estudo visou quantificar os teores de C e de N, e a relação C/N em diferentes camadas do perfil do solo, sob diferentes sistemas de cultivo, utilizando a Floresta Secundária como referência.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Paraná, propriedade da BERTeca Brasil, unidade industrial pertencente ao grupo Berneck S. A. Painéis e Serrados, localizada no município de Brasnorte, região centro-norte do Estado de Mato Grosso.

A propriedade onde foi realizado este trabalho está classificada e situada por Brasil (1982) como pertencente ao Grupo Parecis. A Chapada dos Parecis constitui-se, litologicamente, de arenitos do Grupo Parecis,



os quais apresentam acamamento plano-paralelo, caracterizando a homogeneidade topográfica desta subunidade. Possui uma camada de sedimentos finos recobrando parcialmente o grupo. Essa camada compunha-se de um material concrecionário, sotoposto a um solo Latossolo Argilo-arenoso, em topografia suave, com relevo plano e suave ondulado.

O solo característico na região é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo – LVA, que são solos com teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  iguais ou inferiores a 11% e, normalmente, acima de 7% quando argilosos ou muito argilosos e não concrecionários. São profundos ou muito profundos, bem drenados, com textura argilosa, muito argilosa ou média (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999).

Para o estudo, foram escolhidas seis áreas contíguas: (I) cobertura vegetal de Floresta Secundária (FS); (II) pastagem extensiva com braquiária (*Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf.) 29 anos (PA); (III) plantio de teca (*Tectona grandis*) com 19 anos (teca 19); (IV) plantio de teca com 16 anos (teca 16); (V) plantio de teca com 13 anos (teca 13) e teca com 8 anos (teca 8), considerando como tratamento cada um dos sistemas.

O Sistema FS está sob Floresta Ombrófila Aberta, cuja última interferência antrópica ocorreu no ano de 1999, com a retirada de espécies de alto valor comercial como: mogno (*Swietenia macrophylla* King), cerejeira (*Amburana cearenses* Fr. All), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e peroba (*Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg).

Para a implantação do sistema PA, a floresta primária foi inicialmente explorada de modo comercial. Logo após, implantou-se o método do “correntão” para a retirada total da vegetação restante, que foi leirada e queimada. A taxa de lotação é inferior a duas unidades animal por hectare, sendo a área utilizada na forma de rotativo não controlado. A área não recebe adubação, porém mantém a serapilheira.

A supressão da vegetação nas áreas onde posteriormente foram implantados os sistemas teca 19, teca 13 e teca 8 foi realizada idem ao da pastagem. A diferença na implantação do sistema teca 16 está no cultivo de arroz em intervalo de três anos consecutivos anteriormente ao plantio,

para cuja implantação se realizou a calagem e adubação NPK, porém sem controle quanto às características químicas do solo no momento, bem como as exigências da espécie.

Os sistemas teca 19, teca 16, teca 13 e teca 8 foram plantados com mudas provenientes de origem seminal (com variabilidade genética), produzidas em viveiro próprio do tipo toco raiz nua, formando área plantada de 764,33 hectares.

As coletas de solo ocorreram no mês de maio de 2011, no final da estação chuvosa, nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade, a partir da abertura de três minitrincheiras de 0,5 x 0,5 m e 30 cm de profundidade, para cada tratamento.

As coletas foram realizadas em locais distintos dentro dos sistemas FS e PA, demarcando uma área de 0,5 ha para cada sistema, com a abertura das minitrincheiras, aleatoriamente, com distância mínima de 5 m entre elas.

Para os sistemas teca 19, teca 16, teca 13 e teca 8, as coletas foram realizadas em área total de 0,5 ha de plantio, com coletas na projeção da copa e nas entrelinhas, percorrendo a área em zigue-zague, com distância mínima de 5 m entre as minitrincheiras.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, contendo três repetições em cada sistema de uso e tipo de amostra, cujos tratamentos consistiram em uma referência (T1 – Floresta Secundária) e cinco diferentes sistemas de uso: T2 – Pastagem – PA; T3 – Teca 19 anos coleta entrelinhas; T4 – Teca 16 anos coleta entrelinhas; T5 – Teca 13 anos coleta entrelinhas; T6 – Teca 8 anos coleta entrelinhas; T7 – Teca 19 anos coleta projeção de copa; T8 – Teca 16 anos coleta projeção de copa; T9 – Teca 13 anos coleta projeção de copa; T10 – Teca 8 anos coleta projeção de copa.

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm. O carbono orgânico – CO do solo foi determinado pelo método descrito em Yeomans e Bremner (1988), enquanto o N, pelo método de Bremner e Mulvaney (1982). Os tratamentos silviculturais dentro das áreas de plantio de teca estão apresentados na Tabela 1.

Os dados foram submetidos ao teste Scott-Knott a 5% de significância quando o teste F da ANOVA foi significativo, utilizando o software SISVAR 4.6 desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras – UFLA (Ferreira, 2003).

Tabela 1. Tratos silviculturais nos plantios de *T. grandis*.Table 1. Silviculture management in *T. grandis* plantations.

Sistema	Tratamentos Silviculturais
T19	Desbaste no ano de 1996, retirando 30%, obedecendo a um desbaste baixo do tipo regular. Desbaste no ano de 2002, retirando 40%, obedecendo a um desbaste sistemático (retirada da sétima linha) em conjunto com um desbaste baixo. Desbaste no ano de 2008, retirando 55%, obedecendo a um desbaste baixo.
T16	Desbaste no ano de 1999, retirando 25%, obedecendo a um desbaste baixo do tipo regular. Desbaste no ano de 2003, retirando 30%, obedecendo a um desbaste sistemático (retirada da sétima linha).
T13	Desbaste no ano de 2002, retirando 30%, obedecendo a um desbaste baixo do tipo regular. Desbaste no ano de 2007, retirando 40%, obedecendo a um desbaste sistemático (retirada da sétima linha).
T8	Desbaste no ano de 2009, retirando 50%, obedecendo a um desbaste baixo do tipo pesado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Carbono Orgânico Total

A conversão da vegetação nativa em diferentes usos e manejo do solo acarretou alterações nos atributos químicos estudados e apresentados nas Tabelas de 2 a 4. Os teores de carbono orgânico total – COT, nos diferentes sistemas de uso, encontram-se na Tabela 2. Ressalta-se que as coletas de solo na Floresta Secundária ocorreram 12 anos após a última intervenção. Os resultados obtidos nos sistemas de cultivo com pastagem e com *T. grandis* foram comparados com o sistema natural considerando essas condições, o que pode ter inferido nos teores de C, reduzindo-os, quando comparados com outras pesquisas.

Nas condições atuais do solo, nota-se que na camada 0 a 5 cm os sistemas de manejo com cultivos de *T. grandis* e a pastagem foram consideradas semelhantes ao sistema floresta, no que se refere aos teores de COT. As maiores diferenças entre sistemas ocorreram nas camadas mais profundas.

Em geral, os teores de COT no sistema floresta e na pastagem reduziram com o aumento da profundidade, o mesmo foi observado por Santos (2007), Campos et al. (2013) e Denardin et al. (2014). O teor mais elevado de COT, na primeira camada de solo, deve-se provavelmente à deposição de material orgânico na superfície do solo,

como a presença de biomassa diminui com a profundidade, diminuem os teores de COT. O mesmo não foi observado para os sistemas com cultivo de *T. grandis*.

Nas camadas de 5 a 10 cm e 10 a 20 cm, os sistemas: pastagem, teca 16 anos entrelinhas e teca 8 anos apresentaram teores de COT mais elevados que no sistema floresta. Segundo Castro (2008), isso pode ser explicado pela intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais com baixas taxas de decomposição na superfície do solo, aumentando seu teor com a profundidade, porque a serapilheira formada pelo sistema teca é mais lignificada, demorando mais para decompor. Diferentemente do sistema de floresta, que possui diversidade de material a ser decomposto.

Ressalta-se que a Floresta Secundária apresentou redução significativa dos teores de COT conforme aumentou a profundidade; isto se deve à diversidade de material vegetal e, assim, de microrganismos, que possibilitam a degradação com maior rapidez que nos demais sistemas. Segundo Denardin et al. (2014), esses resultados demonstram a importância da estabilidade do solo nos sistemas florestais e do aporte de resíduos vegetais, pois o manejo do solo e a ação de fatores abióticos influenciam na degradação da MO e, assim, nos teores de C, ficando evidente que os maiores teores e maiores perdas de C ocorrem nas camadas superficiais devido a maior presença de microrganismos.

Tabela 2. Carbono orgânico total ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) em função dos sistemas de cultivo e das profundidades de amostragem.Table 2. Total organic carbon ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) in function of cultivation systems and sampling depths.

Tratamento	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Média
	Teor de C ( $\text{g.kg}^{-1}$ )			
Floresta Secundária	5,97 Aa	4,44 Bb	3,33 Bc	4,58 c
Pastagem	6,54 Aa	5,78 Aa	4,60 Ab	5,64 a
Teca 19 – entrelinha	5,37 Aa	3,95 Bb	3,52 Bb	4,28 c
Teca 19 – projeção copa	5,62 Aa	4,23 Bb	3,92 Bb	4,59 c
Teca 16 – entrelinha	5,57 Aa	4,95 Aa	4,43 Aa	4,98 b
Teca 16 – projeção copa	6,22 Aa	4,79 Ab	4,04 Bb	5,01 b
Teca 13 – entrelinha	4,68 Aa	3,97 Ba	3,67 Ba	4,11 c
Teca 13 – projeção copa	4,70 Aa	3,60 Bb	3,30 Bb	3,87 c
Teca 8 – entrelinha	5,53 Aa	5,41 Aa	4,48 Aa	5,14 b
Teca 8 – projeção copa	5,81 Aa	6,05 Aa	5,04 Aa	5,63 a
Média	5,60 a	4,72 b	4,03 c	CV1(%) = 13,57
CV2(%)	13,44			

CV1% = coeficiente de variação para tratamentos; CV2% = coeficiente de variação para profundidades. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%.

CV1% = coefficient of variation for treatments; CV2% = coefficient of variation for depths. Means followed by the same letter, uppercase in the column and lowercase in the line, do not differ by the Scott-Knott test at 5%.

Portanto, as áreas de pastagem e de teca 8 anos na projeção da copa foram as que apresentaram os maiores teores de COT, superiores ao sistema natural, além de maior equilíbrio nos teores de C entre as camadas do solo nos sistemas teca 16, 13 e 8 anos. Isso indica que esses sistemas possuem mecanismos de manutenção de C, possibilitando que este não seja perdido para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa, semelhante ao que ocorre no sistema natural ao manter a ciclagem de nutrientes sem intervenção ao solo.

No caso da pastagem, esse resultado pode estar relacionado ao tipo de gramínea, pois embora não se tenha diversidade de material vegetal a ser decomposto, as gramíneas são capazes de manter ou de aumentar os teores de C, isto porque possuem sistema radicular de crescimento rápido, que agrega as partículas do solo, mantendo a porosidade e, conseqüentemente, a qualidade física do mesmo e, ainda, à capacidade em sequestrar maior quantidade de C atmosférico.

Silva et al. (2012) também observaram um dos maiores valores de COT na área de pastagem, atribuindo-o à eficiência de ciclagem de nutrientes da área.

Segundo Barreto et al. (2006), as gramíneas são plantas C4 e, devido à sua fisiologia, podem contribuir com maior aporte de C no solo. Assim, a presença de gramíneas no plantio direto favorece a formação de agregados mais estáveis, aumentando os teores de C no solo e a taxa de sequestro de  $\text{CO}_2$  (Salton et al., 2008).

No sistema teca, pode estar relacionado ao tipo de material depositado na superfície do solo e à sua facilidade ou não de decomposição, potencialmente mais lignificado. Além disso, o tempo de deposição e a quantidade de serapilheira formada também favorecem, já que nesse sistema não houve revolvimento do solo e/ou retirada da mesma. Resultados reforçados por Loss et al. (2010), que observaram os maiores valores de COT em área onde se manteve a cobertura morta proveniente de material roçado da vegetação de gramíneas (*Paspalum notatum*), pois caso os sistemas não sofrem revolvimento, haverá uma melhora nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que reduz as perdas por erosão hídrica e oxidação microbiana (Bayer et al., 2004).

### 3.2 Nitrogênio Total

Os valores obtidos de NT, apresentados na Tabela 3, permitem descrever o decréscimo nos teores do elemento com o aumento da profundidade nos sistemas floresta e teca 13 anos entrelinha, como observado por Freixo et al. (2002), Pulrolnik et al. (2009) e Pimentel (2012), isto pode estar relacionado ao decréscimo de COT em profundidade, provavelmente em decorrência da redução de MOS.

Segundo Freixo et al. (2002), a maior parte dos resíduos orgânicos permanece na superfície do solo, aumentando, assim, com o acúmulo de MO em superfície. Nos demais tratamentos, os teores foram semelhantes aos da Floresta Secundária. Esses resultados podem indicar, no caso do sistema pastagem, que esta foi bem manejada. Rangel e Silva (2007) também observaram pouca diferença nos teores de NT entre os tratamentos testados.

Tabela 3. Teores de nitrogênio total ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) em função dos sistemas de cultivo e das profundidades de amostragem.

Table 3. Total nitrogen ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) in function of cultivation systems and sampling depths.

Tratamento	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Média
	Teor de N ( $\text{g.kg}^{-1}$ )			
Floresta Secundária	1,33 Aa	1,00 Aa	0,66 Ab	1,00 a
Pastagem	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Teca 19 – entrelinha	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Teca 19 – projeção copa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Teca 16 – entrelinha	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Teca 16 – projeção copa	1,00 Aa	1,00 Aa	0,66 Aa	0,89 a
Teca 13 – entrelinha	1,00 Aa	0,66 Ba	0,00 Bb	0,55 b
Teca 13 – projeção copa	0,33 Ba	0,33 Ba	0,00 Ba	0,22 c
Teca 8 – entrelinha	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Teca 8 – projeção copa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	1,00 a
Média	0,97 a	0,90 a	0,73	CV1(%) = 6,49
CV2(%)	5,80			

CV1% = coeficiente de variação para tratamentos; CV2% = coeficiente de variação para profundidades. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%.

CV1% = coefficient of variation for treatments; CV2% = coefficient of variation for depths. Means followed by the same letter, uppercase in the column and lowercase in the line, do not differ by the Scott-Knott test at 5%.

Isso corrobora os resultados observados para os teores de C, demonstrando que os sistemas estudados possuem mecanismos de manutenção ou de aporte e decomposição da MO, o que garante teores de C e de N semelhantes aos do sistema natural, apesar da perda de diversidade vegetal.

No entanto, os menores teores de N foram observados no sistema teca 13 anos projeção da copa, o que pode estar relacionado aos menores teores de COT que, por sua vez, está contido na MOS. Segundo Rangel e Silva (2007), isso se deve ao fato de que mais de 95% do NT do solo estão associados à MO, e a MO no sistema teca é de difícil degradação. No presente caso, os teores obtidos foram semelhantes aos obtidos por Matias et al. (2009) e Freixo et al. (2002),

e inferiores aos observados por Costa Junior (2008), Pimentel (2012) e Loss et al. (2013).

### 3.3 Relação C/N

Com os dados de N e de COT obteve-se a relação C/N (Tabela 4); segundo Santos (2007), esta pode indicar atividade biológica mais ou menos intensa, além do grau de humificação e estabilidade da MO do solo. Nesse caso, os valores de relação C/N foram inferiores a 20 em todos os sistemas e profundidades, o que indica que o processo dominante é a mineralização, favorecendo a decomposição e a liberação de N para o solo (Moreira e Siqueira, 2002), resultados semelhantes aos observados por Santos (2007), Matias et al. (2009) e Pimentel (2012).

Tabela 4. Relação C/N em função dos sistemas de cultivo e das profundidades de amostragem.

Table 4. C/N relation ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) in function of cultivation systems and sampling depths.

Tratamento	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Média
	Relação C/N			
Floresta Secundária	4,01 Cb	5,57 Ba	5,13 Ca	4,90 c
Pastagem	7,82 Aa	8,06 Aa	7,31 Aa	7,73 a
Teca 19 – entrelinha	6,49 Ba	5,95 Ba	6,40 Ba	6,28 b
Teca 19 – projeção copa	6,87 Ba	6,52 Ba	6,60 Ba	6,66 b
Teca 16 – entrelinha	6,97 Ba	7,02 Aa	6,50 Ba	6,83 b
Teca 16 – projeção copa	8,26 Aa	7,97 Aa	7,23 Aa	7,82 a
Teca 13 – entrelinha	7,86 Aa	7,82 Aa	7,54 Aa	7,74 a
Teca 13 – projeção copa	8,86 Aa	7,77 Aa	8,00 Aa	8,21 a
Teca 8 – entrelinha	7,61 Aa	7,45 Aa	7,56 Aa	7,54 a
Teca 8 – projeção copa	7,66 Aa	7,70 Aa	8,35 Aa	7,90 a
Média	7,24 a	7,18 a	7,06 a	CV1(%) = 10,54
CV2(%)	9,67			

CV1% = coeficiente de variação para tratamentos; CV2% = coeficiente de variação para profundidades. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott 5%.

CV1% = coefficient of variation for treatments; CV2% = coefficient of variation for depths. Means followed by the same letter, uppercase in the column and lowercase in the line, do not differ by the Scott-Knott test at 5%.

Avaliando-se as camadas do solo, o sistema floresta apresentou os menores valores de relação C/N entre os sistemas avaliados, tendendo a aumentar na profundidade 5-10 cm, pois a floresta possui maior diversidade de material vegetal, que, por sua vez, possui diferentes graus de decomposição, ou seja, dos mais aos menos lignificados, contribuindo também para a maior diversidade da microbiota do solo. São eles que degradam a MO, liberando os nutrientes. Nesse caso, a degradação pode ser mais rápida, assim como o aporte de material, mantendo o ciclo, devido a menor relação C/N.

Com relação aos sistemas de cultivo de teca, o cultivo de 19 anos apresentou os menores valores para a relação C/N, o que pode estar relacionado ao tempo de deposição do material, enquanto os maiores valores foram observados nos sistemas: pastagem, teca 16 projeção de copa, teca 13 entrelinha e projeção de copa, teca 8 entrelinha e projeção de copa, nestes, o processo de decomposição foi mais lento que na Floresta Secundária. A maior relação C/N acarreta degradação mais lenta e favorece o acúmulo de COT e N nos agregados do solo (Loss et al., 2011).

A exemplo disso, Schiavo et al. (2011) verificaram que a pastagem de braquiária foi a cobertura de solo que proporcionou índices de manejo de C no

solo mais próximos aos da vegetação de Cerrado, enquanto Teixeira et al. (2010) observaram maiores valores de relação C/N em plantios de *Eucalyptus* sp.; segundo os autores, a qualidade dos resíduos influenciou a incorporação de MO, sugerindo menor mineralização. Os autores especularam ainda que, nesse caso, houve favorecimento para perda de N em forma de gases. O mesmo pode ter ocorrido no presente estudo devido aos valores de N obtidos.

Além disso, algumas áreas podem apresentar maior relação C/N devido à sua maior acumulação de COT e de N no perfil do solo, em razão da estabilidade das frações húmicas e menor grau de mineralização da MOS (Campos et al., 2013).

Portanto, os sistemas de cultivo de *T. grandis* apresentaram valores superiores na relação C/N, o que se explica pela menor diversidade de material a ser decomposto. No entanto, no presente caso, a relação C/N esteve entre valores que propiciam a decomposição da MO, liberando os nutrientes essenciais. Assim, os sistemas de cultivo de *T. grandis* e a pastagem apresentaram semelhança ao sistema nativo, representado pela Floresta Secundária; isto se deve, provavelmente, às poucas intervenções nos solos sob estas culturas.

#### 4 CONCLUSÕES

Os sistemas pastagem e teca (*T. grandis*) assemelharam-se ao sistema Floresta Secundária, em termos de manutenção nos teores de C e de N, já que os referidos sistemas de cultivo não apresentaram reduções em relação ao sistema referência.

Os valores de relação C/N indicaram que o processo dominante é a mineralização. No entanto, o sistema teca 16 anos foi o único que apresentou alteração dos valores de relação C/N entre projeção de copa e entrelinha entre todos os sistemas com plantio de *T. grandis* e a Floresta Secundária apresentou um dos menores valores.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, A.C. et al. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, v. 19, n. 4, p. 415-425, 2006.
- BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- \_\_\_\_\_. et al. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil Tillage Research**, v. 91, p. 217-226, 2006.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SD.23**. Rio de Janeiro, 1992. 660 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 29).
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Total nitrogen. In: PAGE, A.L. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 595-624.
- CAMPOLIN, W.R. **Características físicas e químicas, estoque de matéria orgânica (total e nas frações granulométricas) do solo sob Cerrado e teca**. 2006. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- CAMPOS, L.P. et al. Estoque e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 304-312, 2013.
- CASTRO, G.C. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste mato-grossense**. 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- COSTA JUNIOR, C. **Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no Cerrado, em Rio Verde (GO)**. 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DENARDIN, R.B.N. et al. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 59-69, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar**: versão 4.6. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; SCHOMBERG, H.H.; ENDALE, D.M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, v. 96, p. 303-315, 2007.
- FREIXO, A.A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.
- LOSS, A. et al. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 1, p. 57-64, 2010.
- \_\_\_\_\_. et al. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

- LOSS, A. et al. Carbono mineralizável, carbono orgânico e nitrogênio em macroagregados de Latossolo sob diferentes sistemas de uso do solo no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2153-2168, 2013.
- MACHADO, P.O. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 239-334, 2005.
- MATIAS, M.C.B.S. et al. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009.
- MATIAS, S.S.R. et al. Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, v. 7, n. 3, p. 414-420, 2012.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, 2004.
- MOREIRA, F.M.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 625 p.
- PIMENTEL, R.M. **Propriedades físicas, carbono e nitrogênio do solo em sistemas agropecuários**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- PULROLNIK, K. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, 2009.
- RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.
- SALTON, J.C. et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.
- SANTOS, C.H. **Alterações no estoque de carbono, na dinâmica da matéria orgânica e dos atributos químicos e físicos induzidas por diferentes usos dos solos de Colorado do Oeste-RO**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.
- SANTOS, E. **Carbono, nitrogênio e relação C/N em Gleissolo e Cambissolo sob diferentes tipologias vegetais na área de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa, Antonina – PR**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SCHIAVO, J.A. et al. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1332-1338, 2011.
- SILVA, C.F. et al. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no médio Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1680-1689, 2012.
- SOUZA, E.D. et al. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 323-329, 2006.
- TEIXEIRA, J.M. et al. Estoque de nitrogênio total e relação C/N influenciados pelo sistema de manejo e uso do solo de Cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD-Rom.
- YEOMANS, A.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, p. 1467-1476, 1988.





**RADIAL VARIATION OF WOOD ANATOMY AND BASIC DENSITY OF  
*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.<sup>1</sup>**

**VARIAÇÃO RADIAL DA ANATOMIA E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE  
*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan.**

Eduardo Luiz LONGUI<sup>2,3</sup>; Israel Luiz de LIMA<sup>2</sup>; Osny Tadeu de AGUIAR<sup>2</sup>;  
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM<sup>2</sup>; Itiberê Moura Sckerratt SUCKOW<sup>2</sup>

**ABSTRACT** – We investigated wood samples of five *Anadenanthera colubrina* trees, aiming to study radial variation of anatomy and basic density. The trees were cut from “lote 5 do Rodoanel trecho sul” in Embu municipality, State of São Paulo, where vegetation is classified as Montane Ombrophilous Dense Forest and climate is classified as Cwa. We cut discs from the diameter at breast height – DBH, and then cut samples from pith-to-bark to anatomical and basic density analysis. The results suggest that *Anadenanthera colubrina* has a very common anatomical and basic density radial variation pattern from pith-to-bark between hardwoods with an increase in vessel diameter favoring hydraulic conductivity, fiber wall thickness and length, ray height and width, and basic density. While the negative relationship between vessel diameter and frequency is well reported for many species, it has not been observed in *A. colubrina* because vessel frequency oscillates radially. This typical radial pattern also occurs in other native species in planting conditions, already demonstrated by our group in other studies, obviously with some changes depending on species.

Keywords: pith-bark variation; hydraulic conductivity; angico branco; Brazilian native wood.

**RESUMO** – Investigamos amostras de madeira de cinco árvores de *Anadenanthera colubrina* objetivando estudar a variação radial da anatomia e densidade básica. As árvores foram cortadas no lote 5 do Rodoanel trecho sul, no município de Embu, com a vegetação de Floresta Ombrófila Densa Montana e clima do tipo Cwa. Cortamos discos à altura do peito – DAP e destes obtivemos amostras radiais da medula para a casca, destas preparamos amostras para a determinação anatômica e da densidade básica. Os resultados sugerem que *Anadenanthera colubrina* apresenta um padrão radial de variação bastante comum no sentido medula-casca para as angiospermas arbóreas, com aumento no diâmetro dos vasos, consequentemente condutividade hidráulica, comprimento e espessura da parede da fibra, altura e largura do raio e densidade básica. Contudo, a relação negativa entre diâmetro e frequência dos vasos é bem reportada para muitas espécies, mas não ocorreu em *A. colubrina*, pois a frequência oscilou radialmente. Esse típico padrão radial também ocorre em outras espécies nativas em condições de plantio, como já demonstrado por nosso grupo em outros estudos, obviamente com algumas alterações dependendo da espécie.

Palavras-chave: variação medula-casca; condutividade hidráulica; angico branco; madeira nativa do Brasil.

<sup>1</sup>Received for analysis on 02.06.14. Accepted for publication on 09.12.14.

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

<sup>3</sup>Corresponding author: Eduardo Luiz Longui – edulongui@gmail.com

## 1 INTRODUCTION

*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae-Mimosoideae), locally known as “angico-branco, angico liso, cambuí, monjoleiro”, is a native species, not endemic to Brazil, with geographical distribution in the Northeast (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, and Sergipe States), Midwest (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, and Mato Grosso States), Southeast (Minas Gerais, Rio de Janeiro, and São Paulo States), and the South (Paraná State), with vegetation types that include Caatinga, Cerrado, Floresta Estacional Semidecidual (Seasonal Semideciduous Forest), and Floresta Ombrófila (Rain Forest) (Morim, 2014). This pioneer deciduous heliophytic species shows characteristics common to secondary forest regions above 400 m in elevation, reaching 12-15 m in height and trunk diameter of 30-50 cm. Depending on environmental conditions, *A. colubrina* trees can reach up to 35 m in height and 100 cm diameter at breast height (Lorenzi, 2002).

Silvicultural characteristics of this species include irregular growth with bifurcations that may occur from the base. After cutting and pruning, sprouting shows good results, both in pure plantings in full sunlight and in mixed plantings (Carvalho, 1994). Characterized by sapwood and heartwood that is brown with golden shades, *A. colubrina* provides beautiful decorative effects and medium texture with interlocked, irregular grain that splits easily, but is, nonetheless, durable. *A. colubrina* has several uses, including woodworking, packaging and, shipbuilding, as well as being one of the Caatinga species most used as coal (Johnson, 1985; Carvalho, 1994). In addition, the bark is used to treat respiratory disorders (Peters, 2011). *A. colubrina* has been used for multiple purposes within the rural communities of northeastern Brazil, is largely used in rural constructions, as an energy source, as well as in popular medicines. Local management of this species is based on simple maintenance and harvesting of individuals in agroforest home gardens (Monteiro et al., 2006; Albuquerque and Andrade, 2002a; Albuquerque and Andrade, 2002b).

Lachenbruch et al. (2011) describe the complexity and interactions in the development of woody plants that may cause the typical radial pattern, and the authors mention that gradual radial variations are the rule in many properties of wood, including differences in mature wood when compared with juvenile wood – in general, the latter presents shorter cells with smaller diameters and thinner cell walls.

We summarize the results of radial variation for some anatomical features of vessels, fibers, rays and wood density in eight other Brazilian native species that we studied previously to give a sense of how the radial variation occurs. We noticed that vessel diameter increased toward the bark in all eight species: *Plathymenia reticulata* (Longui et al., 2012), *Astronium graveolens* (Santos et al., 2011), *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a), *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011b), *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011), *Piptadenia gonoacantha* (Longui et al., 2010), *Croton floribundus* (Lima et al., 2010) and *Luehea divaricata* (Longui et al., 2009). While vessel frequency increased in *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a), it decreased in other four species: *Plathymenia reticulata* (Longui et al., 2012), *Astronium graveolens* (Santos et al., 2011), *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011b) and *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011).

Fiber length increased in four species: *Plathymenia reticulata* (Longui et al., 2012), *Astronium graveolens* (Santos et al., 2011), *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011), and *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011b). Fiber wall thickness increased in six species: *Astronium graveolens* (Santos et al., 2011), *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a), *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011b), *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011), *Piptadenia gonoacantha* (Longui et al., 2010) and *Luehea divaricata* (Longui et al., 2009). Wood density increased in three species: *Astronium graveolens* (Santos et al., 2011), *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a) and *Luehea divaricata* (Longui et al., 2009).

Ray height increased in four species: *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a), *Cariniana legalis* (Lima et al., 2011b), *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011) and *Piptadenia gonoacantha* (Longui et al., 2010).

Ray width decreased in *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a) and increased in three species: *Plathymenia reticulata* (Longui et al., 2012), *Gallesia integrifolia* (Longui et al., 2011), and *Piptadenia gonoacantha* (Longui et al., 2010). Ray frequency decreased in three species: *Balfourodendron riedelianum* (Lima et al., 2011a), *Piptadenia gonoacantha* (Longui et al., 2010), and *Croton floribundus* (Lima et al., 2010).

Studies that evaluate the radial and axial variation in the trunk have illustrated how the architecture adopted by different species can safely and efficiently transport water (Fan et al., 2009). However, radial and axial variation in trunk can also be a characteristic used to distinguish plants that have commercial importance, making it possible to establish the most suitable raw material for a given application. The investigation of the radial variation in natural conditions also helps improve the understanding of anatomical differences and wood properties found on plantations (Bosman et al., 1994) where different spacing is employed, in contrast to trees growing in the natural forest.

The aim of this study was to investigate the radial variation of wood anatomy and basic density of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan trees growing under natural conditions.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Study Site and Sampling

Wood samples were collected in Embu municipality, State of São Paulo, between the Regis Bittencourt and Imigrantes Highways. Samples were taken from vegetation removed for construction of the Rodoanel Highway. The geographic coordinates of the collection area are 23°41'50.6"S and 46°49'06.4" W (Figure 1). Embu vegetation is classified as Montane Ombrophilous Dense Forest (Franco et al., 2007). According to the Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura – CEPAGRI (Centre for Meteorological and Climate Research Applied to Agriculture) (2014), the climate of Embu is Cwa (humid subtropical climate).

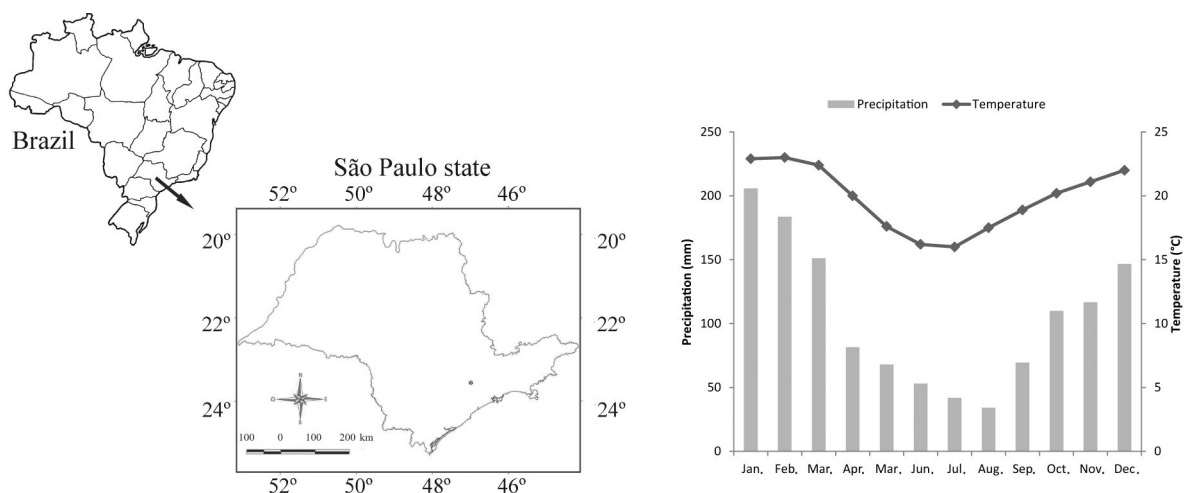


Figure 1. Location of Embu municipality (\*) in São Paulo State, Brazil, and mean monthly precipitation and temperature. Data from 1961-1990 (CEPAGRI, 2014).

Figura 1. Localização do município de Embu (\*) em São Paulo, Brasil, e as médias mensais de precipitação e temperatura. Dados entre 1961-1990 (CEPAGRI, 2014).

Five trees of *Anadenanthera colubrina* were identified in the field. These trees were cut, and discs were removed at breast height diameter (DBH, 1.30 m in height). Discs averaged 30 cm in diameter. From each disc, a strip with 6 cm deep was cut, and seven samples from pith-to-bark,

independent of DBH variation, seven samples were obtained on all discs, consequently with different dimensions. From the top part, we investigated wood anatomical features, and from the bottom samples, we determined basic density values (Figure 2).

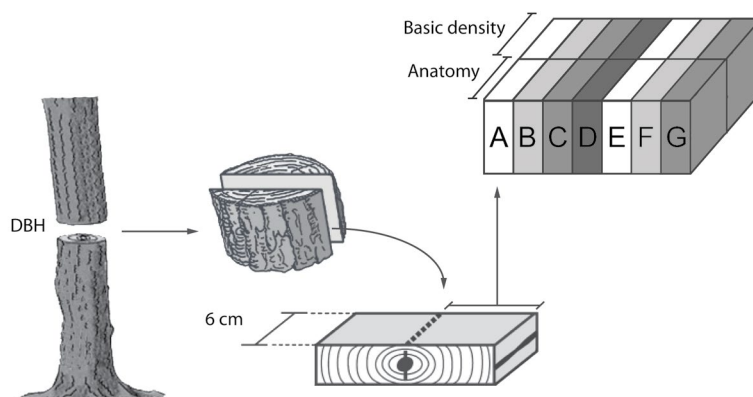


Figure 2. Schematic illustration of wood samples for anatomic measurements and basic density determination.

Figura 2. Representação esquemática da amostragem para anatomia e densidade básica.

## 2.2 Anatomical and Basic Density Analysis

Small pieces were cut from the side of samples, and macerations were prepared according to the modified Franklin method (Berlyn and Miksche, 1976), modification is due to differences in the concentration of hydrogen peroxide in solution that is higher in our study. Then, samples were boiled for about 60 min in water, glycerin and alcohol (4:1:1), and 16  $\mu\text{m}$  transverse and tangential longitudinal sections were cut with a sledge microtome. Sections were stained with a 1% solution of safranin, washed with distilled water, and mounted in a solution of water and glycerin (1:1) on slides. The terminology followed the IAWA list of Microscopic Features for Hardwood Identification (IAWA Committee, 1989). All anatomical measurements were obtained using an Olympus CX 31 microscope equipped with a digital camera (Olympus Evolt E330) and a computer with image analyzer software (Image-Pro 6.3).

Hydraulic conductivity was calculated based on vessel diameter, using the following equation:  $K_h = \pi D^4 / 128 \eta$ , where  $D$  is the diameter,  $\eta$  is the viscosity index of water ( $1.002 \times 10^{-9}$  MPa s at 20 °C), and  $K_h$  is the hydraulic conductivity (Scholz et al., 2013).

Samples 2 x 2 x 3 cm were saturated in water by treatment with a vacuum system for 72 h to obtain the green volume of wood. The samples were dried ( $105 \pm 3$  °C) in a laboratory kiln for three days to determine the oven-dry mass for calculate basic density (Glass and Zelinka, 2010).

## 2.3 Statistical Analysis

We performed a parametric analysis of variance (One-Way Analysis of Variance). When a normal distribution of data was not observed, data were transformed (*i.e.*, square root). In the case of a significant difference, Tukey's test was applied to identify pairwise determinants of differences. Only results with  $p < 0.01$  were considered significant.

## 3 RESULTS

In a general, vessel diameter (Figure 3), hydraulic conductivity, fiber length and wall thickness (Figure 4), rays height and width and basic density increased from pith-to-bark (Table 1). Vessel frequency oscillated radially (Table 1). However, ray frequency decreased towards the bark (Table 1).

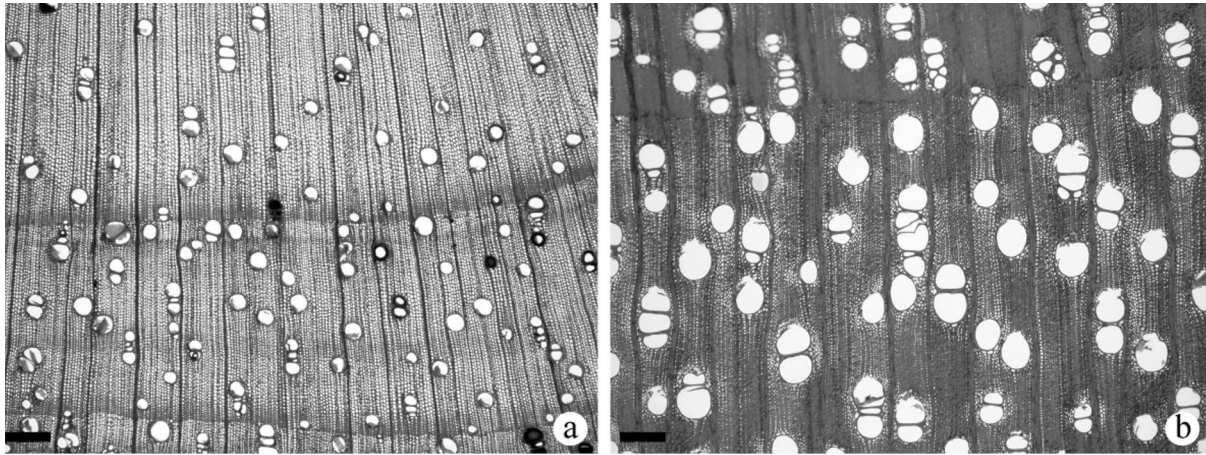


Figure 3. Transverse sections of *Anadenanthera colubrina* wood. Pith position (a). Bark position (b). Scale bars = 200  $\mu\text{m}$ .  
 Figura 3. Secções transversais da madeira de *Anadenanthera colubrina*. Posição próxima da medula (a). Posição próxima da casca (b). Barra de escala = 200  $\mu\text{m}$ .

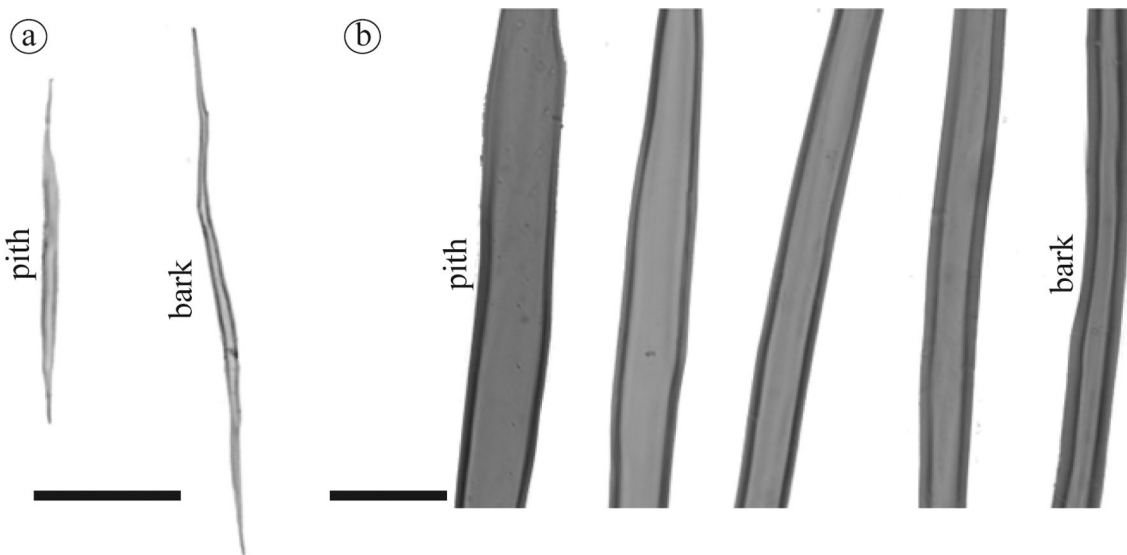


Figure 4. Difference in length (a) and fiber wall thickness (b) of *Anadenanthera colubrina* wood between pith and bark. We emphasize that only five radial positions are represented, as the visual difference between the fibers in some positions was very small. Scale bar in a = 250  $\mu\text{m}$ , in b = 50  $\mu\text{m}$ .

Figura 4. Diferença no comprimento (a) e na espessura da parede das fibras (b) da madeira de *Anadenanthera colubrina* entre medula e casca. Ressaltamos que apenas cinco posições radiais estão representadas, uma vez que a diferença visual entre as fibras em algumas posições foi muito pequena. Barra de escala em a = 250  $\mu\text{m}$  e em b = 50  $\mu\text{m}$ .

Table 1. Wood feature variations of *Anadenanthera colubrina* from pith-to-bark.Tabela 1. Variação das características anatômicas de *Anadenanthera colubrina* no sentido medula-casca.

	Wood Features									
	VEL	VD	VF	Kh	FL	FWT	RH	RW	RF	BD
A (pith)	486b	92d	12.1a	2.495d	663f	3.6c	300c	39bc	5.9a	0.35b
B	496b	119c	11.1ab	6.628c	724e	3.9b	256d	33c	5.4b	0.36b
C	517ab	127c	8.8c	8.662c	836d	3.8b	296cd	35c	5.1bc	0.39b
D	535a	128bc	8.6c	8.223c	902c	4.2ab	308c	40b	4.9cd	0.46ab
E	541a	138ab	8.7c	12.323b	954b	4.2a	312bc	40b	4.9cd	0.50ab
F	545a	150a	9.9bc	17.152a	1018a	4.4a	372a	48a	4.8cd	0.52a
G (bark)	521ab	140a	10.2b	13.817ab	1054a	4.0b	352ab	46a	4.6d	0.54a

VEL = Vessel element length ( $\mu\text{m}$ ), VD = Vessel diameter ( $\mu\text{m}$ ), VF = Vessel frequency ( $\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$ ), Kh = Hydraulic conductivity ( $\text{m}^4/\text{MPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), FL = Fiber length ( $\mu\text{m}$ ), FWT = Fiber wall thickness ( $\mu\text{m}$ ), RH = Ray height ( $\mu\text{m}$ ), RW = Ray width ( $\mu\text{m}$ ), RF = Ray frequency ( $\text{n}^\circ \text{mm}^{-1}$ ), BD = Basic density ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Different letters in the same column indicate statistical significance by the Tukey's test ( $p$  value  $< 0.01$ ).

VEL = Comprimento do elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ ), VD = Diâmetro de vaso ( $\mu\text{m}$ ), VF = Frequência de vaso ( $\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$ ), Kh = Condutividade hidráulica ( $\text{m}^4/\text{MPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), FL = Comprimento da fibra ( $\mu\text{m}$ ), FWT = Espessura da parede da fibra ( $\mu\text{m}$ ), RH = Altura do raio ( $\mu\text{m}$ ), RW = Largura do raio ( $\mu\text{m}$ ), RF = Frequência do raio ( $\text{n}^\circ \text{mm}^{-1}$ ), BD = Densidade básica ( $\text{g cm}^{-3}$ ). Letras diferentes na mesma coluna indicam variação estatística significativa pelo teste de Tukey (valor de  $p < 0,01$ ).

#### 4 DISCUSSION

Many authors mention that gradual radial variations are the rule in many properties of wood (Lachenbruch et al., 2011). However, these variations should be studied and understood in each species. For example, in another study we collected samples of *Alchornea sidifolia* in the same area and period of year as indicated in the present study, and we found few variations in the pith-to-bark direction with increases only in fiber length, vessel diameter and intervessel pit diameter (Santini Júnior et al., 2010). However, in *A. colubrina*, variations occurred in all studied features with increases or decreases from pith-to-bark. Studying *Anadenanthera peregrina*, Teixeira (2008) also observed an increase in fiber length and fiber wall thickness, as well as basic density from pith to bark. This author carried out the tree sampling (average DBH of 44.2 cm) in native forest at the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais State, with Cwb (subtropical highland variety) climate type.

Although radial variation is shared among tree species, these results show species that are more homogeneous than others, and although small

variations can occur, they are not statistically significant. In this discussion, it should be noted that such changes may be either ontogenetically fixed or plastic, and, as such, we need to investigate whether such changes are triggered by factors that vary as the plant grows (Lachenbruch et al., 2011). Comparing the two species mentioned above, *Alchornea sidifolia* and *Anadenanthera colubrina*, growing under the same environmental pressures, it is evident that the two species responded differently to wood radial variation pattern. Specifically, *Anadenanthera peregrina*, a species of the same genus as *A. colubrina*, was growing in another area and another climate type, but it still showed the same variation pattern for basic density and fiber dimensions, implicating the influence of ontogeny in this genus.

The complexity increases when we evaluate radial variation within the same species with trees that grew in the same area, but with different seed origins. For instance, in study with *Gallesia integrifolia* from three seed origins (Longui et al., 2011), it was found that wood radial variation depends on the origin of the seeds (genetic factor) more than the influence of climate and soil of studied area (environmental factors).



Guimarães (2009) studied *Anadenanthera colubrina* at two locations with different types of vegetation and climate in Rio de Janeiro: Ilha Grande (Lowland Ombrophilous Dense Forest with Af climate type (tropical rainforest climate) according to Köppen (1948)) and Itatiaia (Montane Ombrophilous Dense Forest, Cwa climate type) and found variation in wood anatomy between the environments in almost all features also studied by us in the present study. In that study, vessel diameter and frequency did not vary significantly between the two environments, and the author did not evaluate hydraulic conductivity. Since Guimarães (2009) studied nondestructive samples close to the bark, we used values at G position (close to bark) for comparison. Neither in the study of Guimarães nor in ours was the age of the trees determined, since tree samples were collected in the natural environment. However, since diameters of about 30 cm at breast height (1.30 m in height) described by Guimarães are close to ours, we estimate that trees had roughly similar ages. We present below the values obtained by Guimarães (2009) in each area: Ilha Grande: VEL = 348  $\mu\text{m}$ , VD = 126  $\mu\text{m}$ , VF = 13.5  $\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$ , FL = 954  $\mu\text{m}$ , FWT = 5.7  $\mu\text{m}$ , RH = 188  $\mu\text{m}$ , RW = 43  $\mu\text{m}$  and RF = 5  $\text{n}^\circ \text{mm}^{-1}$ ; Itatiaia: VEL = 310  $\mu\text{m}$ , VD = 145  $\mu\text{m}$ , VF = 19.5  $\text{n}^\circ \text{mm}^{-2}$ , FL = 1,095  $\mu\text{m}$ , FWT = 4.7  $\mu\text{m}$ , RH = 328  $\mu\text{m}$ , RW = 38  $\mu\text{m}$  and RF = 5  $\text{n}^\circ \text{mm}^{-1}$ . For comparison see our data in Table 1.

We know that radial growth, usually measured in DBH, depends on several conditions, such as spacing, climate and soil types. Mattos and Seitz (2008) studied the formation of annual growth rings in *Anadenanthera colubrina* in the Pantanal, Mato Grosso State and estimated that the species takes at least 55 years to reach 40 cm in diameter. Obviously, it would be difficult to estimate the age of trees in the present study, as such estimate would depend on many factors.

According to Franco et al. (2007), the collection area of the present study is Montane Ombrophilous Dense Forest and the weather, according to CEPAGRI (2014), is Cwa (humid subtropical climate) for Embu municipality. These are the same characteristics as those of Itatiaia, according to Morim (2002), Oliveira (2001) and

SIMERJ (Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro), INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), as reported by Guimarães (2009). Except for vessel element length, which was longer in our study when compared to the results of Guimarães (2009), the values of vessel diameter, fiber length, fiber wall thickness, and ray height were similar between the present study and those of Itatiaia by Guimarães (2009), while our values of vessel frequency and ray width were closer to those found in Ilha Grande by Guimarães (2009) (see Table 1). Based on this comparison, we asked if the largest number of similarities between Embu and Itatiaia could be attributed to the occurrence of the same vegetation and climate types. Once again, the relative contribution of environmental vs. genetic factors becomes relevant. The fact is that *A. colubrina* presents a clear radial variation in wood structure in different vegetation types, e.g., increase in vessel diameter and fiber length.

Plourde et al. (2014) investigated tropical trees in northeastern Costa Rica and they found radial changes in wood specific gravity in 42 of 74 species, with 37 species exhibiting increases from pith to bark, and 5 exhibiting decreases. We also found increase in wood density from pith to bark in *A. colubrina*, based on the Plourde's study, our result appears in most tropical species. Wiemann and Williamson (1988; 1989) proposed that increasing density in the radial direction are related to increasing mechanical requirements when tree grows in thickness and may be linked to successional group, since pioneer species grow rapidly in the early years (lighter wood) to achieve necessary height to obtain light, and then there is an mechanical reinforcement with increase in density. Noting that *A. colubrina* is pioneer species (Lorenzi, 2002).

## 5 CONCLUSIONS

The results suggest that *Anadenanthera colubrina* has a very common radial variation pattern from pith-to-bark with an increase in vessel diameter, favoring hydraulic conductivity, fiber wall thickness and length, ray height and width, and basic density.

Although the negative relationship between vessel diameter and frequency is well reported for many species, it has not been observed in *A. colubrina* because vessel frequency oscillates radially. Our tree samples were collected in the natural environment, specifically Montane Ombrophilous Dense Forest; however, this typical radial pattern also occurs in other native species in planting conditions, obviously with some changes depending on species.

## 6 ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Sonia Godoy Campião for laboratory assistance.

## REFERENCES

- ALBUQUERQUE, U.P.; ANDRADE, L.H.C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 273-285, 2002a.
- \_\_\_\_\_. Uso de recursos vegetais da Caatinga: o caso do agreste do Estado de Pernambuco (Nordeste do Brasil). **Interciência**, n. 7, p. 336-345, 2002b.
- BERLYN, G.P.; MIKSCH, J.P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: The Iowa University Press, 1976. 326 p.
- BOSMAN, M.T.M. et al. Radial variation in wood properties of naturally and plantation grown light red meranti (*Shorea* sp., Dipterocarpaceae). **IAWA Journal**, v. 15, n. 2, p. 111-120, 1994.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Available at: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Access on: 8 Mar. 2014.
- FAN, X.; CAO, K.F.; BECKER, P. Axial and radial variations in xylem anatomy of angiosperm and conifer trees in Yunnan, China. **IAWA Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2009.
- FRANCO, G.A.D.C. et al. Importância dos remanescentes florestais de Embu – SP para a conservação da flora regional. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 145-161, 2007.
- GLASS, S.; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: ROSS, R. (Ed.). **Wood handbook** – wood as an engineering material. 100<sup>th</sup> ed. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4-1-4-19. (General Technical Report FPL-GTR-190).
- GUIMARÃES, R.C. **Anatomia do lenho de *Anadenanthera colubrina* em diferentes fitofisionomias da Floresta Atlântica no Estado do Rio de Janeiro: Ilha Grande e Itatiaia – Rio de Janeiro**. 2009. 44 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro.
- IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v. 3, n. 10, p. 219-332, 1989.
- JOHNSON, D.V. Relatório sobre o manejo da caatinga, semi-árido do Nordeste Brasileiro. In: PROJETO PNUD/FAO/BRA/85/007. Natal, 1985. (Circular Técnica, 3).
- LACHENBRUCH, B.; MOORE, J.R.; EVANS, R. Radial variation in wood structure and function in woody plants, and hypotheses for its occurrence. In: MEINZER, F.C.; LACHENBRUCH, B.; DAWSON, T.E. (Ed.). **Size- and age-related changes in tree structure and function**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 121-164.
- LIMA, I.L. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus*. **Floresta**, v. 40, n. 3, p. 663-670, 2010.
- \_\_\_\_\_. et al. Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e posição radial. **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n.2, p. 217-230, 2011a.
- \_\_\_\_\_. et al. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Kuntze em função da procedência. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 517-524, 2011b.

LONGUI, E.L. et al. Variação anatômica radial do lenho de açoita-cavalo (*Luehea divaricata*) e sua influência na densidade aparente. **Revista do Instituto Florestal**, v. 21, n. 2, p. 181-190, 2009.

\_\_\_\_\_. et al. Variação radial das características anatômicas, densidade aparente, teores de extrativos, lignina e holocelulose na madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 3, p. 341-353, 2010.

\_\_\_\_\_. et al. Seed provenance influences the wood structure of *Gallesia integrifolia*. **IAWA Journal**, v. 32, n. 3, p. 361-374, 2011.

\_\_\_\_\_. et al. Estrutura do lenho de *Plathymenia reticulata* e algumas implicações na eficiência hidráulica e resistência mecânica. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 335-346, 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2002. 382 p.

MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A. Growth dynamics of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* and *Tabebuia impetiginosa* from Pantanal Mato-Grossense, Brazil. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 427-434, 2008.

MONTEIRO, J.M. et al. Use and traditional management of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 2, p. 1-18, 2006.

MORIM, M.P. **Leguminosae arbustivas e arbóreas do Parque Nacional do Itatiaia**: abordagem florístico-taxonômica. 2002. 215 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Botânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. *Anadenanthera*. In: LISTA de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18071>>. Access on: 26 Mar. 2014.

OLIVEIRA, R.R. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. **Rodriguésia**, v. 53, n. 82, p. 33-58, 2001.

PETERS, C.M. Economic botany and management potential of neotropical seasonally dry forests. In: DIRZO, R. et al. (Ed.). **Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation**. Washington, D. C.: Island Press, 2011. p. 239-258.

PLOURDE, B.T.; BOUKILI, V.K.; CHAZDON, R.L. Radial changes in wood specific gravity of tropical trees: inter- and intraspecific variation during secondary succession. **Functional Ecology**, 2014. doi: 10.1111/1365-2435.12305.

SANTINI JUNIOR, L. et al. Análise anatômica qualitativa e quantitativa e densidade básica da madeira de *Alchornea sidifolia* Müll. Arg. (Euphorbiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 201-214, 2010.

SANTOS, C.M. et al. A densidade básica e características anatômicas variam radialmente na madeira de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, v. 23, n. 2, p. 191-201, 2011.

SCHOLZ, A. et al. How to quantify conduits in wood? **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 1-11, 2013.

TEIXEIRA, B.M.R. **Variabilidade radial e longitudinal de propriedades da madeira de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.** 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WIEMANN, M.C.; WILLIAMSON, G.B. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. **Wood and Fiber Science**, v. 20, p. 344-349, 1988.

\_\_\_\_\_. Radial gradients in the specific gravity of wood in some tropical and temperate trees. **Forest Science**, v. 35, p. 197-210, 1989.



**THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON LITTER DEPOSITION  
IN A SEMIARID AREA, NORTHEASTERN BRAZIL<sup>1</sup>**

**INFLUÊNCIA DE FATORES ABIÓTICOS NA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA  
EM UMA ÁREA SEMIÁRIDA NO NORDESTE BRASILEIRO**

Ivan Jeferson Sampaio DIOGO<sup>2,6</sup>; Irlaine Rodrigues VIEIRA<sup>3</sup>;  
Andréa Pereira SILVEIRA<sup>4</sup>; Francisca Soares de ARAÚJO<sup>5</sup>

**ABSTRACT** – The amount of deciduous material throughout the year is mostly related to climatic conditions in tropical areas. A large deposition of litterfall in the dry season is described for deciduous and semideciduous forests. We aimed to assess the monthly deposition rate of litterfall during one year and the climatic influence in a deciduous thorny woodland area. The study area had a permanent plot of one hectare. To collect litterfall, 50 plots were selected and a collector (0.5 x 0.5 m) was installed. Samples were collected monthly for twelve months and divided into fractions: leaves, branches, fruits and seeds, flowers and miscellaneous. We tested the correlation of four abiotic factors (rainfall, soil humidity, temperature and wind) and the litter deposition. The annual litterfall collected had a total value of 2,731.6 kg ha<sup>-1</sup>. The contribution fraction of leaves corresponded to 54.3%, branches (14.2%), fruits (12.6%), flowers (1.6%) and miscellaneous (17.2%). The wind was the abiotic factor most correlated with the total deposition of the litterfall, but other correlations were found. In this area, site-dependent climatic and edaphic variables have an important control on litterfall.

Keywords: deciduousness; weather; environmental factors; Caatinga.

**RESUMO** – A quantidade de material decíduo ao longo do ano em ambientes tropicais está relacionada principalmente com as condições climáticas. Há uma grande deposição de serapilheira na estação seca em florestas decíduas e semidecíduas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a taxa de deposição mensal de serapilheira durante um ano e a influência climática sobre esta deposição em uma área de floresta decídua espinhosa. A área de estudo teve uma parcela permanente de um hectare. Para a coleta de serapilheira, foram selecionados 50 pontos e um coletor (0,5 x 0,5 m) foi instalado. As amostras foram coletadas mensalmente, por doze meses, e divididas em cinco frações: folhas, galhos, frutos e sementes, flores e miscelânea. Foi testada a correlação entre quatro fatores abióticos (pluviosidade, umidade do solo, temperatura e vento) e a deposição de serapilheira. Obteve-se um valor total de 2.731,6 kg ha<sup>-1</sup> no período de coleta. A contribuição da fração folhas correspondeu a 54,3%, ramos (14,2%), frutos (12,6%), flores (1,6%) e miscelânea (17,2%). Embora a velocidade do vento tenha sido o fator abiótico mais correlacionado com a deposição total de serapilheira, outras correlações foram encontradas. Variáveis climáticas e edáficas têm um controle importante na produção de serapilheira nesse ambiente.

Palavras-chave: deciduidade; tempo; fatores ambientais; Caatinga.

<sup>1</sup>Received for analysis on 20.05.14. Accepted for publication on 11.12.14.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Rua Monteiro Lobato, 255, 13083-970 Campinas, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Campus Ministro Reis Veloso, Av. São Sebastião, 2819, 64202-020 Parnaíba, PI, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Educação de Itapipoca, FACEDI/UECE, Rua da Universidade, s/n, Coqueiro, 62500-000 Itapipoca, CE, Brasil.

<sup>5</sup>Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Av. Mister Hull, s/n, Campus do Pici, Bloco 906, 60455-760 Fortaleza, CE, Brasil.

<sup>6</sup>Corresponding author: Ivan Jeferson Sampaio Diogo – ivan\_kdf@yahoo.com.br

## 1 INTRODUCTION

Litterfall is a key process in nutrient cycling of forest ecosystems (Baker et al., 2004; Isaac and Nair, 2006) and plays a fundamental role in nutrient turnover and in the transfer of energy between plants and soil (González-Rodríguez et al., 2011). Litterfall deposition provides valuable information on the productivity and dynamics of nutrient cycling in forest ecosystems (Navarro et al., 2013). However, the inputs vary among forest ecosystems in terms of quality (Duchesne et al., 2001; Vasconcelos and Luizão, 2004) and quantity (Rothe and Binkley, 2001; Zhou et al., 2007).

It is widely assumed that the amount and quality of litterfall depend on climate (Meentemeyer et al., 1982; Albrektson, 1988; Berg and Meentemeyer, 2001) and influence the heterogeneity of soil conditions and the distribution of species in a plant community (Facelli and Pickett, 1991; Austin et al., 2004; Hooker and Stark, 2008). These effects can be altered at a regional scale by climate and soil factors, such as altitude, soil type, nutrient, water availability, humidity, temperature, seasonality and wind according to the study area (Lodhiyal and Lodhiyal, 2002; Li et al., 2006; Martínez-Alonso et al., 2007).

Based on data from studies conducted in different macroecological zones, the amount of deciduous material throughout the year is mostly related to climatic conditions, higher in hot and humid tropical areas (Bray and Gorham, 1964). Each ecosystem has its particular type of deposition and nutrient cycling. The deposition of litterfall during the seasons is quite variable for different forest formations in tropical zone (Spain, 1984; Chave et al., 2010).

In dry areas, a large deposition of litterfall in the dry season is described in comparison with wet season (Lodhiyal and Lodhiyal, 2002; Jha and Mohapatra, 2010; Alvarez, 2009; McIvor, 2001). In these forest formations, litterfall deposition coincides with the period of water-limitation, which does not imply the cessation of nutrient cycling, although it is reduced to  $\frac{1}{4}$  of the total (Delitti, 1995).

Increased understanding of the climate variables that govern the deposition of litterfall

in drylands will help to further elucidate how plant biomass is accumulated in these ecosystems and will provide a better understanding of the processes that relate to nutrient cycling, calcination process and soil formation. Our general hypothesis was that litterfall is directly influenced by abiotic factors. To test this hypothesis, we focused on the deposition of dead plant biomass and the influence of some abiotic/climatic variables in a semiarid and well-preserved area of deciduous thorny woodland.

We aimed to assess the monthly deposition rate of litterfall during one year and the climatic influence. We hypothesized that (1) most of the deposition occurs between the end of the rainy season and the beginning of the dry season that coincides with the plant water stress, (2) leaves are the main monthly contributor to biomass production because of the deciduousness and (3) rainfall and soil humidity are the climate factors that have more influence on deposition.

## 2 MATERIAL AND METHODS

This study was conducted in deciduous thorny woodland, locally known as Caatinga (Woodward et al., 2004). The area is inside the Serra das Almas Natural Reserve, in Crateús (5°10'58.1"S and 40°40'19.4"W), central-west region of the state of Ceará, Brazil, at an altitude of 297 m asl.

The regional climate is classified as BSh (hot semiarid, with rainy summer and dry winter) in the Köppen-Geiger system (Peel et al., 2007). The average annual rainfall in the Caatinga of Crateús is 683 mm, and, even though it has well-defined rainy and dry seasons, the total annual rainfall is variable between years.

Due to this rainfall variability, we used the climate diagram of Walter and Lieth (Figure 1) to demonstrate the extent of dry and rainy seasons in the years 2009 (rainy season: January to May and dry season: from June to December) and 2010 (rainy season: January to April with a drought interpulse in February, and the dry season: May to November). The average annual temperature is 27 °C.

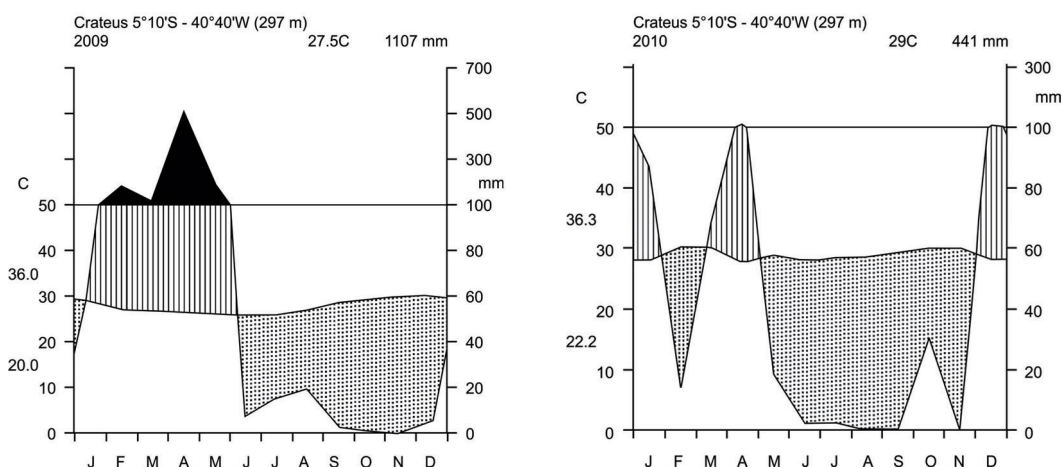


Figure 1. Climatic diagram Walter and Lieth (temperature and rainfall x months), during the study period (2009-2010) for Crateús. R environment, package climatol (R Development Core Team, 2010).

Figura 1. Diagrama climático Walter & Lieth (temperatura e precipitação x meses) durante o período de estudo (2009-2010) para Crateús. Programa R (R Development Core Team, 2010).

The plant community of the area was formed by 25 species belonging to 14 families and 21 genera. Fabaceae (9 species), Euphorbiaceae (3) and Apocynaceae (2) were the families with greater richness. Fabaceae was the most numerous (875 individuals divided into subfamilies – Caesalpinioideae: 84; Cercidae: 124; Faboideae: 13 and Mimosoideae: 654) followed by Euphorbiaceae (511) and Boraginaceae (195). *Aspidosperma*, *Croton*, *Caesalpinia* and *Mimosa* were the only genera that occurred with more than one species (Menezes, 2010).

To evaluate species composition of the seed rain in this area, we established ten transects perpendicular to the matrix forest, separated from each other by 10 m. Along pair transects, we placed seed traps starting at 20 m distance from the matrix forest and with 20 m intervals (20, 40, 60, 80 and 100 m), while odd transects had seed traps starting at 10 m distance from the matrix forest and with 20 m intervals from the matrix forest (10, 30, 50, 70 and 90 m), yielding five traps per transect and 50 overall. Each trap consisted of a square polyethylene bucket of 0.5 m<sup>2</sup> and 20 cm high. They were placed directly on the ground and fixed with wooden stakes. A layer of grease was applied around the edge of each trap to prevent seed predation. Small holes were made in trap sides to avoid rainwater accumulation and subsequent seed decay (Zimmerman et al., 2000; Cubina and Aide, 2001).

Samples were collected monthly for twelve months (June/2009 – May/2010), closing the annual cycle of monitoring the production of plant biomass (dry and rainy season). The collected material was sorted and separated into reproductive material, vegetative and inert, and divided into the following fractions: 1) mature, immature, and predated fruits and seeds that fall separately of the fruits, 2) flowers and inflorescences, 3) leaves, 4) branches (stems and petioles) and 5) miscellaneous, corresponding to residues and animal droppings, soil, seeds of herbaceous, small leaves (Backes et al., 2005). The material was put to dry in air for further screening.

The screened material was taken to the oven at 65 °C and weighed on a precision scale with three decimal places until constant weight to evaluate the monthly and annual production of litterfall and the contribution of each of the fractions in the litterfall.

We estimated the monthly and annual biomass (kg ha<sup>-1</sup>) by the average amount of litterfall found in the traps. First, data were tested for normality using the Shapiro-Wilk test ( $p > 0.05$ ). Then, we carried out analyses of variance (ANOVA) to observe statistical differences between litterfall in each month and litterfall for each fraction with significance levels of 5% using the Tukey's test.

In order to assess which of the abiotic factors (rainfall, soil humidity, temperature and wind) were correlated with the deposition of litterfall, the relationship between abiotic factors in the month of deposition of the litterfall and in the previous month to the event with each fractions of litterfall was analyzed using a Spearman correlation test (rs).

Data for rainfall and temperature were obtained from the climatological station of the Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (National Institute of Meteorology) (2010), located in the city of Crateús, 25 km away from the study area and at a similar altitude. Data for wind speed were obtained from Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (Ceará Foundation of Meteorology and Water Resources) (2010) and soil humidity data were obtained from Silveira et al. (2013).

### 3 RESULTS

Annual litterfall collected had a total value of 2,731.6 kg ha<sup>-1</sup> (Table 1). The months of August and September/2009 diverged from the other months, since they showed the highest rates of litter input and the lowest rate was in December/2009, differing from the other months (Figure 2). The seasonality in the input of litterfall occurred due to the fact that dry season was responsible for the investment of 2,015.323 kg ha<sup>-1</sup>, 73.8% of the total contribution; consequently, the lowest litterfall was in the rainy season. However, the months of February/2010 and April/2010 showed high rates of deposition of litter compared to other months of the rainy season (Figure 2).

Table 1. Litterfall production (kg ha<sup>-1</sup>) in the study period.

Tabela 1. Produção de serapilheira (kg ha<sup>-1</sup>) no período de estudo.

	Leaves	Branches	Fruits	Flowers	Miscellaneous	Total
June/2009	39.300	9.360	15.580	0	42.700	106.940
July/2009	93.847	14.217	12.600	0	37.404	158.069
August/2009	589.486	68.281	138.354	0.608	130.800	927.528
September/2009	276.498	32.250	42.465	4.370	40.635	396.218
October/2009	216.541	26.756	26.029	0.591	20.243	290.160
November/2009	34.967	16.168	22.661	5.150	7.731	86.678
December/2009	16.359	7.276	16.932	5.796	3.368	49.731
January/2010	18.194	11.618	26.456	0.676	56.892	113.836
February/2010	40.092	108.407	18.604	10.405	25.206	202.714
March/2010	57.827	16.330	10.268	0.854	24.587	109.866
April/2010	60.887	69.465	12.610	0.815	54.940	198.718
May/2010	39.148	7.791	2.633	16.490	25.075	91.136
Average	123.596 a	32.327 b	28.766 b	3.812 c	39.132 b	227.633
	± 167.844	± 32.364	± 35.944	± 5.113	± 33.318	± 241.212
Total Annual	1483.146	387.919	345.193	45.754	469.581	2731.594
	(54.3%)	(14.2%)	(12.6%)	(1.7%)	(17.2%)	(100%)

\*The average results followed by same letter do not differ according to the Tukey's test ( $p < 0.05$ ).

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).



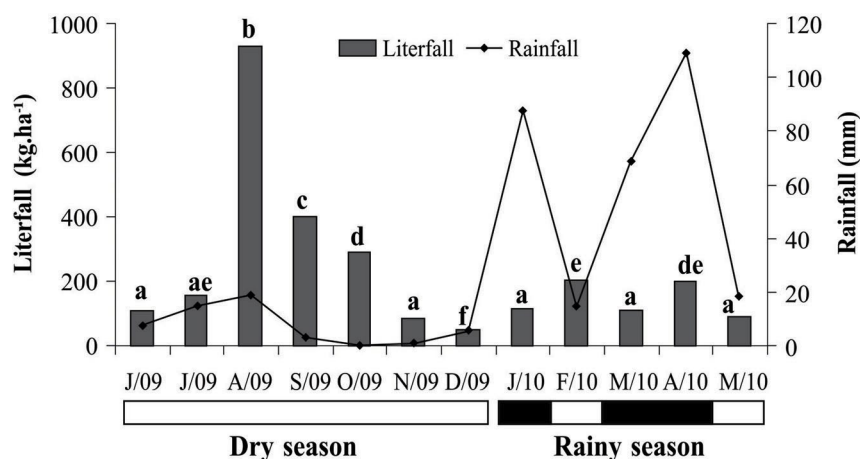


Figure 2. Litterfall ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) produced per month compared to average rainfall (mm) recorded in the period from June/2009 to May/2010. Months followed by the same letter do not differ according to the Tukey's test ( $p < 0.05$ ). In the rainy season, the months with pulses of rain are represented by dark areas, and the dry months, by white areas.

Figura 2. Serapilheira ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) produzida por mês em relação à precipitação média (mm) registrada no período de junho/2009 a maio/2010. Meses seguidos pela mesma letra não diferem de acordo com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Na estação chuvosa, os meses com pulsos de chuva são representados por áreas escuras, e os meses de seca, por áreas brancas.

The contribution fraction of leaves corresponded to 54.3% of all deposited material, differing from the other fractions (Table 1) and had a positive correlation with the total litterfall ( $r_s = 0.935$ ,  $p < 0.05$ ). There was a greater deposition of leaves in August, September and October/2009 (Figure 3), which is directly reflected in higher deposition of total litterfall in those months (Figure 2). The smaller contribution of leaves occurred in the months of November/2009 and December/2009, end of the dry season, and January/2010, beginning of the rainy season (Figure 3).

The miscellaneous fraction represented 17.2% of total litter and the second largest contribution, not differing statistically with the fractions of branches and fruits (Table 1). August/2009 was the month with the highest amount of miscellany. The months of January/2010 and April/2010 showed a relative increase in the rate of miscellaneous material with the highest average monthly rainfall. In November/2009 and December/2009, miscellaneous rates were relatively low when compared to other months, when rates were nearly uniform (Figure 3).

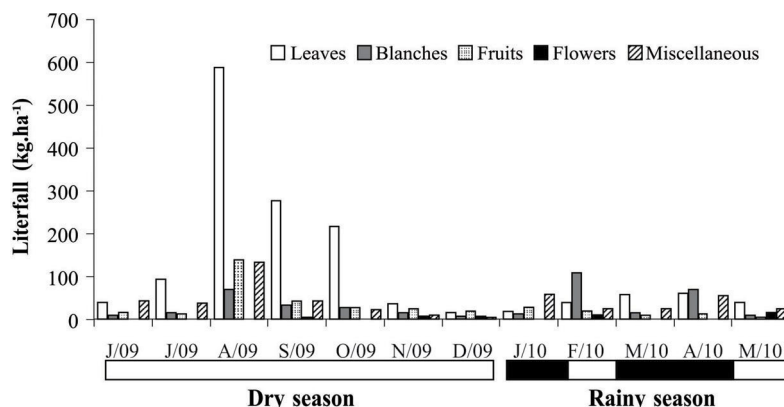


Figure 3. Production of litterfall of each fraction ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) from June/2009 to May/2010. In the rainy season, the months with pulses of rain are represented by dark areas, and the dry months, by white areas.

Figura 3. Produção de serapilheira de cada fração ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de junho/2009 a maio/2010. Na estação chuvosa, os meses com pulsos de chuva são representados por áreas escuras, e os meses secos, por áreas brancas.

From the total, 14.2% corresponded to the fraction of branches. Although there is a temporality correlation between the deciduousness of leaves and branches with overlaps, the greater amount of branches in February/2010 and April/2010 leads to a major contribution in the rainy season (Figure 3).

The fruit fraction corresponded to 12.6% of total deposition. Although this fraction has shown a low percentage of the total number of litter produced, it is observed that the distribution was uniform throughout the year, except for the highest peak contribution in August/2009 (Figure 3), occurred due to the high rates of wind speed in this month (Table 2).

The fraction of flowers differed significantly when compared to other fractions, because they contributed only with 1.7% (Table 1). The months with highest deposition of flowers were February/2010 and May/2010 (Figure 3).

The climatic data showed the biggest rainfall in January and April/2010, low annual temperature variation from 24.8 °C in the coldest month (June/09) to 29.5 °C in the warmest month (November/2009), big variation of soil humidity from 3.2% (December/2009) to 12.3% (June/2009) and months with great wind velocity (August/2009 and February/2010) (Table 2).

The wind was the only abiotic factor that was correlated with the total deposition of the litterfall, the amount of litter increased with increasing wind speed. The fractions of leaves, branches and fruits were also positively correlated with the wind speed in the month of deposition. Branches had the highest correlation (Table 3).

The deposition of flowers was positively correlated with temperature. Miscellaneous were positively correlated with precipitation and soil moisture and negatively with temperature. Lastly, leaves were negatively correlated with temperature (Table 3).

Table 2. Climatic data per month for the Caatinga studied area.

Tabela 2. Dados climáticos por mês para a área estudada.

	Rainfall mm	Temperature (°C)	Soil humidity (%)	Wind velocity (km/h)
June/2009	7.3	24.8	12.3	13
July/2009	14.8	25.0	7.9	15
August/2009	18.6	26.2	4.1	21
September/2009	2.7	28.0	3.7	17
October/2009	0.2	29.1	3.8	17
November/2009	0.6	29.5	3.7	15
December/2009	5.0	29.3	3.2	13
January/2010	86.8	27.4	11.1	14
February/2010	14.1	29.3	3.1	23
March/2010	68.4	29.2	4.6	13
April/2010	108.9	27.0	16.1	19
May/2010	18.4	28.0	6.9	11

Table 3. Spearman correlations (rs) between the abiotic factors and the fractions of litterfall.

Tabela 3. Correlações de Spearman (rs) entre os fatores abióticos e as frações de serapilheira.

Fractions	R0	R1	H0	H1	T0	T1	W0	W1
Total litter	0.08	0.22	-0.05	0.06	-0.32	-0.46	0.80*	-0.13
Leaves	-0.01	0.22	0.04	0.16	-0.39	-0.61*	0.61*	0.11
Branches	0.13	0.19	-0.18	-0.02	0.05	-0.17	0.91*	-0.14
Flowers	-0.06	0.05	-0.56	-0.09	0.73*	0.41	-0.12	0.28
Fruits	-0.30	-0.31	-0.37	-0.27	0.05	-0.09	0.57*	-0.11
Miscellaneous	0.61*	0.49	0.58*	0.31	-0.78*	-0.42	0.36	-0.41

R = rainfall; H = soil humidity; T = temperature; W = wind speed; 0 = month of deposition of the litterfall, and 1 = month previous to the occurrence of the deposition of the litterfall. \* Significant results ( $p < 0.05$ ).

R = pluviosidade; H = umidade do solo; T = temperatura; W = velocidade do vento; 0 = mês de deposição da serapilheira, e 1 = mês anterior à deposição de serapilheira. \* Resultados significativos ( $p < 0,05$ ).

## 4 DISCUSSION

### When most of the deposition of the litterfall occurs?

Contrary to our first hypothesis, we found the highest rates of litter input concentrated at three months of the dry season. While in the rainy season of Serra das Almas Natural Reserve, the forest is predominantly herbaceous, consisting of mainly therophytes and a woody component with approximately 25 species per hectare; in the dry season, the herbaceous plants die and most trees and shrubs lose their leaves (Araújo et al., 2011; Costa and Araújo, 2012).

The deciduous behavior of most species of Caatinga explains the lower deposition rate at the end of the dry season and the beginning of the rainy season. The lowest rate in December can be explained by the small amount of edaphic moisture. While, high rates in February and April can be associated with the intense wind velocity.

The value found for total litterfall is expected for Caatinga areas, where the average litter production is between 1,500 and 3,000 kg ha<sup>-1</sup>. year (Costa et al., 2007; Andrade et al., 2008). This production is small when compared to Brazilian rainforests (Freire, 2006; Santana et al., 2003). Furthermore, there is no great accumulation of litter in the semiarid areas, because the volume produced is not significant even when compared to rainforests and the calcination occurs (Montès et al., 2002).

This strong concentration of calcium probably participates in the neutralisation of top soil (Gauquelin et al., 1998) through litterfall. Because of the major contribution of calcium in leaves, branches, branchlets and trunks, the calcination of litterfall roughly cancels its contribution to nutrient cycling, where the soils of semiarids areas have important participation as source of nutrients (Montès et al., 2002).

### Which fraction is the main monthly contributor to biomass production?

Corroborating our second hypothesis, the higher deposition of leaves is a seasonal process of gradual replacement of structures in adults by new leaves and occurs due to the small longevity of the leaves compared to other plant organs. The highest deposition of leaf litterfall in the beginning of the dry season represents a plant community response to the intense dry period, where leaf fall is a preventive measure or physiological adaptation to water stress due to the higher levels of abscisic acid (Sundarapandian and Swamy, 1999).

The smaller contribution of leaves that occurred in November, December and January can be related with the end of the dry season, where the majority of species have already lost their leaves, and the beginning of the rainy season, where there is the renewing of leaves.

The increase in water supply, which is quite limited in semiarid regions, leads to a renewing of leaves (Monasterio and Sarmiento, 1976; Shipley and Meziane, 2002).

Although there is a synchrony in leaf deposition and water loss, with higher deposition during periods of reduced precipitation, the leaves are not shed or flushed only in response to variation in rainfall. The annual rainfall in tropical forests indirectly affects leaf litter production and there is no simple relationship between the variables (Proctor et al., 1983). There is variability in the time of leaf abscission and in the presence or absence of correlation between rainfall and leaf fall for Caatinga species (Lima and Rodal, 2010), since they have different sensitivities to water stress.

The increased supply of food for insects and birds in the rainy season, as well as the competition for food between them, contributes to a greater deposition of excreta and parts of dead insects which make up the miscellaneous fraction (Santos et al., 2011). Miscellaneous is directly correlated with decreasing temperature, which is responsible for enhancing the metabolic activity of animals, generating a greater amount of excrement. The low rates of miscellaneous at the end of the dry season and beginning of the rainy season are related to the reduction of green matter to be consumed by insects, since most species undergo shedding during the dry season.

The fall of branches can be attributed to the occurrence of adverse weather conditions. The greater deposition of this fraction in the rainy season is associated to the intensity of the wind speed that follows the rains during this period, which would be related to deterioration of wood. The uniform behavior of deposition of fruits fraction is explained by the presence of species that have different periods of fruiting in semiarid (Griz and Machado, 2001).

Although there was no correlation between flowers and rainfall, the greatest input of flowers occurred in the rainy season, since most species in the semiarid region give flowers shortly after the start of the rainy season (Borchet, 1996). There was an increment in the number of flowers available with an increase in temperature; however, there is no high temperature variation in the semiarid region.

This fact may be explained by an overlap between physiological manifestations caused by ground water level and temperature.

### **Which climate factors have more influence on litterfall deposition?**

The high production of deciduous material at the beginning of the dry season is a result of the adaptation mechanism for semiarid species to reduce water loss during the dry period (Ferri and Labouriau, 1952). Although the importance of water for semiarid areas is widely described, rainfall and soil humidity did not present correlation with total litter, denying our third hypothesis. These climatic factors should be analyzed together, since they interact with each other and effects can be summed.

The high correlation of the increased production of litter with increasing wind speed is explained by physical strength able to pull their components down. The estimated litterfall corresponds very well to prevailing wind directions during leaf fall in a model developed for broad-leaved deciduous forest (Staelens et al., 2003). Consequently, prevailing wind directions during leaf, branch and fruit fall affected litter deposition in a Caatinga forest. Since the wind has correlation with almost all the fractions, we think that wind need to be included in ecosystem models or biogeochemical models in drylands. However, even if the wind does not have an active influence in the area, the deposition will continue to occur, so this factor should be considered as one more contribution to the deposition of litter.

In Caatinga areas, site-dependent climatic variables have an important control on litterfall. We found that the cause of the predicted ecosystem differences in terms of its contribution to litterfall is completely related to climate models in drylands. Because litter decomposition is probably linked to local forest structure as well, climate-spatial models can result in a better understanding of litter accumulation. Incorporating the influence and interaction of individual abiotic factors and insights into the heterogeneous litter input is also necessary to evaluate the efficiency of litterfall sampling strategies.

## 5 ACKNOWLEDGMENTS

We thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) for the scholarship granted to the first author for his undergraduate research. We also thank Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Ceará State Foundation for the Support to Scientific and Technological Development) (FUNCAP – Edital 05/2009) for the subsidy to perform the field work.

## REFERENCES

- ALBREKTSON, A. Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden, in relation to site quality, stand age and latitude. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 3, p. 333-343, 1988.
- ALVAREZ, J.A. et al. Spatial and temporal litterfall heterogeneity generated by woody species in the Central Monte desert. **Plant Ecology**, v. 205, p. 295-303, 2009.
- ANDRADE, R.L. et al. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na RPPN “Fazenda Tamanduá”, Santa Terezinha – PB. **Revista Caatinga**, v. 21, p. 223-230, 2008.
- ARAÚJO, F.S. et al. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 341-366, 2011.
- AUSTIN, A.T.; YAHDIAN, L.; STARK, J.M. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. **Oecologia**, v. 141, p. 221-235, 2004.
- BACKES, A.; PRATES, F.L.; VIOLA, M.G. Produção de serrapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 155-160, 2005.
- BAKER, T.R. et al. Increasing biomass in Amazonian forest plots. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 359, p. 353-365, 2004.
- BERG, B.; MEENTEMEYER, V. Litter fall in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 292-301, 2001.
- BORCHET, R. Phenology and flowering periodicity of Neotropical dry forest species: evidence from herbarium collections. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 65-80, 1996.
- BRAY, R.J.; GORHAN, E. Litter productions forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1964.
- CHAVE, J. et al. Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America. **Biogeosciences**, v. 7, p. 43-55, 2010.
- COSTA, C.C.A. et al. Produção de serrapilheira na caatinga da Floresta Nacional do Açú-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 246-248, 2007.
- COSTA, R.C.; ARAÚJO, F.S. Physiognomy and structure of a caatinga with *Cordia oncocalyx* (Boraginaceae), a new type of community in Andrade-Lima's classification of caatingas. **Rodriguésia**, v. 63, p. 269-276, 2012.
- CUBINA, A.; AIDE, T.M. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. **Biotropica**, v. 33, n. 2, p. 260-267, 2001.
- DELITTI, W.B.C. Estudos da ciclagem de nutrientes: instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 469-486, 1995.
- DUCHESNE, L. et al. Seasonal nutrient transfers by foliar resorption, leaching, and litter fall in a northern hardwood forest at Lake Clair watershed, Quebec, Canada. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 334-344, 2001.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **Botanical Review**, v. 57, p. 1-25, 1991.
- FERRI, M.G.; LABOURIAU, L.G. Water balance of plants from “caatinga”. I. Transpiration of some of the most frequent species of the “caatinga” of Paulo Afonso (Bahia) in the rainy season. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 12, p. 301-312, 1952.
- FREIRE, M. **Chuva de sementes, banco de sementes do solo e deposição de serrapilheira como bioindicadores ambientais no bioma Mata Atlântica, Teresópolis, RJ**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Monitoramento global mensal**. Available at: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/541-monitoramento-global-mensal>>. Access on: 15 Nov. 2010.

GAUQUELIN, T. et al. Cycle biogéochimique et hétérogénéité édaphique des groupements forestiers pré-steppiques à Genévrier thurifère du Haut Atlas de Marrakech, Maroc. **Revue de la Société Française d'Ecologie**, v. 29, n. 1/2, p. 177-180, 1998.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H. et al. Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at northeastern Mexico. **Plant Ecology**, v. 212, p. 1747-1757, 2011.

GRIZ, L.M.S.; MACHADO, I.C.S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 303-321, 2001.

HOOKE, T.D.; STARK, J.M. Soil C and N cycling in three semiarid vegetation types: response to an in situ pulse of plant detritus. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 40, p. 2678-2685, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Gráficos climatológicos**. Available at: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Access on: 12 Nov. 2010.

ISAAC, S.R.; NAIR, M.A. Litter dynamics of six multipurpose trees in a homegarden in southern Kerala, India. **Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems**, v. 67, p. 203-213, 2006.

JHA, P.; MOHAPATRA, K.P. Leaf litterfall, fine root production and turnover in four major tree species of the semi-arid region of India. **Plant and Soil**, v. 326, p. 481-491, 2010.

LI, Y.; XU, M.; ZOU, X. Effects of nutrient additions on ecosystem carbon cycle in a Puerto Rican tropical wet forest. **Global Change Biology**, v. 12, p. 284-293, 2006.

LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1363-1373, 2010.

LODHIYAL, N.; LODHIYAL, L.S. Pangtey YPS structure and function of shisham forests in central Himalaya, India: dry matter dynamics. **Annals of Botany**, v. 89, p. 41-54, 2002.

MARTÍNEZ-ALONSO, C. et al. The uncoupling of secondary growth, cone and litter production by intradecadal climatic variability in a Mediterranean Scots pine forest. **Forest Ecology and Management**, v. 253, p. 19-29, 2007.

McIVOR, J.G. Litterfall from trees in semiarid woodlands of north-east Queensland. **Austral Ecology**, v. 26, p. 150-155, 2001.

MEENTEMEYER, V.; BOX, E.O.; THOMPSON, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, v. 32, p. 125-128, 1982.

MENEZES, B.S. **Dinâmica espaço-temporal em um fragmento de savana decídua espinhosa, semi-árido do Brasil**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MONASTERIO, M.; SARMIENTO, G. Phenological strategies of plant species in the tropical savanna and the semi-deciduous forest of the Venezuelan Llanos. **Journal of Biogeography**, v. 3, p. 325-355, 1976.

MONTÈS, N. et al. Biomass and nutrient content of a semi-arid mountain ecosystem: the *Juniperus thurifera* L. woodland of Azzaden Valley (Morocco). **Forest Ecology and Management**, v. 166, n. 1-3, p. 35-43, 2002.

NAVARRO, F.B. et al. Effects of thinning on litterfall were found after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. **Forest Ecology and Management**, v. 289, p. 354-362, 2013.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; McMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PROCTOR, J. et al. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observation on herbivory. **Journal of Ecology**, v. 71, p. 281-263, 1983.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010.

ROTHER, A.; BINKLEY, D. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p. 1855-1870, 2001.

SANTANA, J.A.S.; SOUZA, L.K.V.S.; ALMEIDA, W.C. Produção anual de serapilheira em Floresta Secundária na Amazônia Oriental. **Revista Ciências Agrárias**, v. 40, p. 119-132, 2003.

SANTOS, P.S. et al. Diferenças sazonais no aporte de serrapilheira em uma área de caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 94-101, 2011.

SHIPLEY, B.; MEZIANE, D. The balanced-growth hypothesis and the allometry of leaf and root biomass allocation. **Functional Ecology**, v. 16, p. 326-331, 2002.

SILVEIRA, A.P.; MARTINS, F.R.; ARAÚJO, F.S. Do vegetative and reproductive phenophases of deciduous tropical species respond similarly to rainfall pulses? **Journal of Forestry Research**, v. 24, p. 643-651, 2013.

SPAIN, A.V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology**, v. 72, p. 947-961, 1984.

STAELENS, J. et al. A model of wind-influenced leaf litterfall in a mixed hardwood forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 33, p. 201-209, 2003.

SUNDARAPANDIAN, S.M.; SWAMY, P.S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v. 123, p. 231-244, 1999.

VASCONCELOS, H.L.; LUIZÃO, F.J. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 14, p. 884-892, 2004.

WOODWARD, F.I.; LOMAS, M.R.; KELLY, C.K. Global climate and the distribution of plant biomes. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 359, p. 1465-1476, 2004.

ZHOU, G. et al. Litterfall production along successional and altitudinal gradients of subtropical monsoon evergreen broadleaved forests in Guangdong, China. **Plant Ecology**, v. 188, p. 77-89, 2007.

ZIMMERMAN, J.K.; PASCARELLA, J.B.; AIDE, T.M. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 350-360, 2000.





## **SOBREVIVÊNCIA DE *Cyathea atrovirens* (CYATHEACEAE; PTERIDOPHYTA) APÓS DESMATAMENTO<sup>1</sup>**

### **SURVIVAL OF *Cyathea atrovirens* (CYATHEACEAE; PTERIDOPHYTA) AFTER DEFORESTATION**

Vívian TAMAKI<sup>2,3</sup>; Catarina Carvalho NIEVOLA<sup>2</sup>; Ivomar Aparecido MEDINA<sup>2</sup>;  
Elisabete Aparecida LOPES<sup>2</sup>; Rogério Mamoru SUZUKI<sup>2</sup>

**RESUMO** – A adoção de medidas de mitigação é necessária para minimizar os impactos ambientais provocados pelo desmatamento para a construção de rodovias. Nesse contexto, a avaliação da adaptação de espécies vegetais que permaneceram na beira da estrada após o desmatamento, associada à realocação dos espécimes que foram retirados, pode favorecer a preservação destas espécies. O objetivo do trabalho foi avaliar a adaptação de exemplares de *Cyathea atrovirens* que permaneceram na beira de estrada após o desmatamento (Experimento-ABE) para construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, em São Paulo e também avaliar a possibilidade de transplante dos indivíduos desta espécie que foram retirados por ocasião da supressão da mata (Experimento-AT), por até 43 meses. Os espécimes de ABE apresentaram 97% de sobrevivência e os de AT tiveram 80%. Foram observados novos báculos e frondes, bem como crescimento do cáudice em ambos os experimentos. Os resultados mostraram não haver necessidade de retirada e realocação dos exemplares de *C. atrovirens* que permaneceram nas bordas da mata após a supressão da vegetação e que houve adaptação dos exemplares transplantados, constituindo importante medida para a conservação de *C. atrovirens*, além de contribuir para o planejamento do desmatamento para a construção de rodovias, minimizando o impacto ambiental.

Palavras-chave: beira de estrada; conservação; realocação; rodovias; samambaiçu; transplante.

**ABSTRACT** – Adoption of mitigation procedures is necessary to minimize the environmental impact caused by deforestation for construction of roads. In this context, evaluation of the adaptation of plant species that remained on the roadside after deforestation associated with the relocation of the specimens that were withdrawn may promote the preservation of these species. The aim of this study was to evaluate the adaptation of *Cyathea atrovirens*, that remained on the edge of the runway after deforestation (Experiment-ABE) for construction of the southern section of Mário Covas highway in São Paulo and also to evaluate the possibility of relocation of individuals of this species that were withdrawn during the suppression of the forest (Experiment-AT), until 43 months. The specimens of ABE showed 97% survival and those of AT, 80% survival. New fiddleheads and fronds were observed, as well as the growth of the caudex of both experiments. The results showed that removal and relocation of ferns that remained on the edges of the forest after the removal of vegetation are not necessary and that there was adaptation of the transplanted specimens, representing an important measure for the conservation of *C. atrovirens*, besides contributing to the deforestation planning for the construction of highways, minimizing environmental impact.

Keywords: road verges; conservation; relocation; highway; tree fern; transplant.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 24.09.14. Aceito para publicação em 31.12.14.

<sup>2</sup>Instituto de Botânica/SMA-SP, Av Miguel Estéfano, 3687, 04301-912 São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Autor para correspondência: Vívian Tamaki – vtamaki@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

As rodovias são importantes componentes para a sociedade, servindo de corredores para o transporte e gerando novas oportunidades de serviços e empregos (Vasconcelos e Araújo, 2012). A construção dessas obras pode demandar a supressão de florestas naturais, resultando na degradação ambiental, principalmente nas regiões de maior biodiversidade (Nunes e Souza, 2011), como a Floresta Atlântica. Esta é a segunda maior floresta tropical do Brasil com níveis muito elevados de riqueza e endemismo, estando entre os 34 *hotspots* globais de biodiversidade, sendo uma área prioritária para a conservação (Sugiyama, 2010). Atualmente, em virtude da ação antrópica, como a construção de obras viárias, restam somente 7% dessa floresta (Sugiyama, 2010), justificando medidas de mitigação.

O Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas foi construído com 53 quilômetros de extensão no limite da mancha urbana da cidade de São Paulo, sendo necessário para isto a supressão de cerca de 31 hectares de floresta. Nesse trecho, se encontram regiões de várzea e vegetação remanescente da Floresta Atlântica (florestas em estágio médio e avançado). Entre as espécies nativas do trecho desmatado está *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae), o samambaiaçu do brejo. Trata-se de uma espécie terrícola, arborescente, com as bases dos pecíolos persistentes e frondes monomorfas (Sakagami, 2006). Geralmente, indivíduos dessa espécie ocupam uma ampla variedade de ambientes, entre os quais florestas primárias, florestas secundárias ou em regeneração, bem como áreas abertas (Prado, 2004). *C. atrovirens* é uma espécie endêmica do Brasil, apesar de não ser ameaçada; outras 13 espécies deste gênero estão presentes na lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção da International Union for Conservation of Nature – IUCN (2014).

A faixa de vegetação nativa, que é mantida ao longo de rodovias e estradas, tem sido estudada nos últimos anos (O'Farrell e Milton, 2006), sendo considerada como uma área adequada para a avaliação das respostas

da vegetação aos distúrbios impostos pelos impactos humanos, como o desmatamento. Vasconcelos e Araújo (2012) avaliaram a estrutura arbórea na área de beira de estrada presente em regiões de Cerrado e verificaram menor número de indivíduos em comparação a áreas preservadas, contudo estes autores não verificaram diferenças quanto à diversidade de espécies entre os ambientes. No entanto, o acompanhamento da sobrevivência de samambaias na beira de estrada é pouco relatado.

O resgate de samambaias foi relatado por Coelho et al. (2007). Contudo, esses autores não encontraram exemplares de Cyatheaceae. A maioria dos estudos de realocação referentes à vegetação enfoca os efeitos do desmatamento produzidos sobre comunidades de angiospermas arbóreas e arbustivas (Inácio e Leite, 2007; Cury et al., 2013), poucos se dedicaram a estudar espécies de outros grupos taxonômicos como samambaias arborescentes.

Um dos trabalhos sobre realocação de Cyatheaceae foi descrito por Eleutério e Perez-Saliciup (2009), que verificaram 86,7% de sobrevivência no transplante de *Cyathea divergens* Kunze para áreas nativas, concluindo que é uma estratégia de baixo custo com ganho de tempo contribuindo para viabilizar a conservação de populações de samambaias. Esses autores consideram que os transplantes são mais bem-sucedidos quando a área de realocação reúne condições ambientais semelhantes aos locais de origem dos exemplares resgatados. Não foram encontrados trabalhos que avaliaram o resgate e a realocação de plantas de *C. atrovirens*, espécie comumente encontrada na região de mata adjacente ao Rodoanel, embora haja relatos sobre a fenologia e o crescimento (Schmitt et al., 2009), e avaliações sobre os impactos ambientais na população de samambaiaçus (Lehn e Leuchtenberger, 2008).

Durante a avaliação inicial para supressão da mata foram identificados vários indivíduos de *Cyathea atrovirens*, que permaneceriam na beira da rodovia após o desmatamento, e outros que precisariam ser retirados em virtude da derrubada da mata.

Esse cenário propiciou a avaliação de dois procedimentos de conservação para a espécie, que são os objetivos deste trabalho: o acompanhamento da sobrevivência e crescimento dos exemplares que permaneceram na beira da estrada e dos indivíduos transferidos para áreas de mata, adjacentes à obra, de modo a mantê-los em região de mata nativa, próximas ao Rodoanel Mário Covas-Trecho Sul/SP.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no entorno das obras da construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, partindo da rodovia Régis Bittencourt, no município de Embu/SP (23°40'21,8"S e 46°49'26,9"W), com cerca de 790 m de altitude, denominado Experimento de Avaliação das Plantas de Beira de Estrada – ABE, chegando até à Av. Papa João XXIII, no município de Mauá/SP (23°45'15,9"S e 46°30'12,5" W), com cerca de 240 m<sup>2</sup>, altitude de 780 m, denominado Experimento de Avaliação do Transplante – AT.

A área de estudo pertence à Floresta Atlântica, o clima regional dominante é o Cwa, segundo a classificação de Köppen (1948), é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. A caracterização local incluiu os dados mensais de precipitação total e temperaturas médias mínimas e máximas, que foram obtidos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2012).

### 2.2 Marcação e Acompanhamento da Sobrevivência das Plantas

O experimento ABE (avaliação das plantas que permaneceram na beira da estrada) avaliou a sobrevivência dos samambaias *Cyathea atrovirens* existentes na área localizada

no município de Embu/SP após o desmatamento durante 34 meses, iniciando-se em maio de 2008. Foi avaliada a porcentagem de sobrevivência de exemplares em locais de acesso possível, o número de báculos e de frondes expandidas e o crescimento do cáudice (medida do ápice do cáudice até o nível do solo) em 30 espécimes localizados na borda da pista. De acordo com o comprimento do cáudice dos samambaias, estes foram agrupados em duas classes de tamanho: menores (n = 14) de 0,5 a 1,6 m (Classe 1) e maiores (n = 16) de 1,6 a 2,5 m (Classe 2), semelhante ao descrito por Schmitt e Windisch (2007).

O experimento AT (Experimento de Avaliação do Transplante) avaliou a sobrevivência dos exemplares de *Cyathea atrovirens* após o transplante. Esses indivíduos foram resgatados, sem o sistema radicular, da área do município de Mauá/SP em outubro de 2007 e foram realocados em novembro de 2007 em uma área de mata nativa adjacente à área de resgate, na qual existiam exemplares da mesma espécie (AT). Para a realocação, os exemplares foram cortados rentes ao solo. Foram observados 20 exemplares realocados em área de clareira. A altura do cáudice variou entre 0,35 m até 1,40 m. Foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência, o crescimento do cáudice (medida do ápice do cáudice até o nível do solo), o número de báculos e frondes expandidas e a porcentagem de frondes mortas, durante 43 meses. Foram consideradas frondes vivas aquelas que apresentavam  $\geq 10\%$  de tecido verde, semelhante ao adotado por Eleutério e Perez-Salicrup (2009).

Os exemplares de *Cyathea atrovirens* foram identificados com placas de alumínio numeradas e presas com arames ao redor dos cáudices.

O período de execução de cada um dos experimentos foi determinado de acordo com a possibilidade de acesso aos diferentes locais de instalação dos mesmos, por ocasião da construção do Trecho Sul do Rodoanel Mário Covas, visto que a execução da obra não ocorreu de forma sincronizada nas duas áreas escolhidas, contudo, foi possível monitorar satisfatoriamente todos os indivíduos selecionados de modo a avaliar as medidas de mitigação utilizadas.

### 2.3 Análise de Dados

Foram obtidos a porcentagem de sobrevivência das plantas e o número médio de báculos e frondes por planta, em cada um dos dois experimentos, utilizando-se two-way ANOVA. No experimento AT foi obtido ainda o crescimento do cáudice. A taxa média de crescimento relativo foi calculada da seguinte forma:  $TCR = (altura\ inicial/altura\ final) - 1 \times 100$ . Todos esses resultados foram relacionados (correlação linear de Pearson- $p$ ) aos dados climatológicos (temperatura e precipitação pluviométrica – Figura 1) obtidos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2012), à semelhança do realizado por Farias e Xavier (2011).

Conforme mostrado na Figura 1, os dados mensais de precipitação total e temperaturas médias mínimas e máximas mostraram flutuações ao longo do período de novembro de 2007 a abril de 2011. No período estudado as menores precipitações, inferiores a 100 mm mensais, ocorreram nos meses de junho a julho de 2008, maio a junho de 2009, agosto de 2009, maio a junho de 2010 e agosto de 2010. As maiores pluviosidades, que variaram de 250 a 400 mm mensais, foram observadas nos meses de dezembro de 2007, fevereiro de 2008, fevereiro de 2009, julho de 2009, setembro de 2009, de dezembro de 2009, fevereiro de 2010, dezembro de 2010 e fevereiro de 2011.

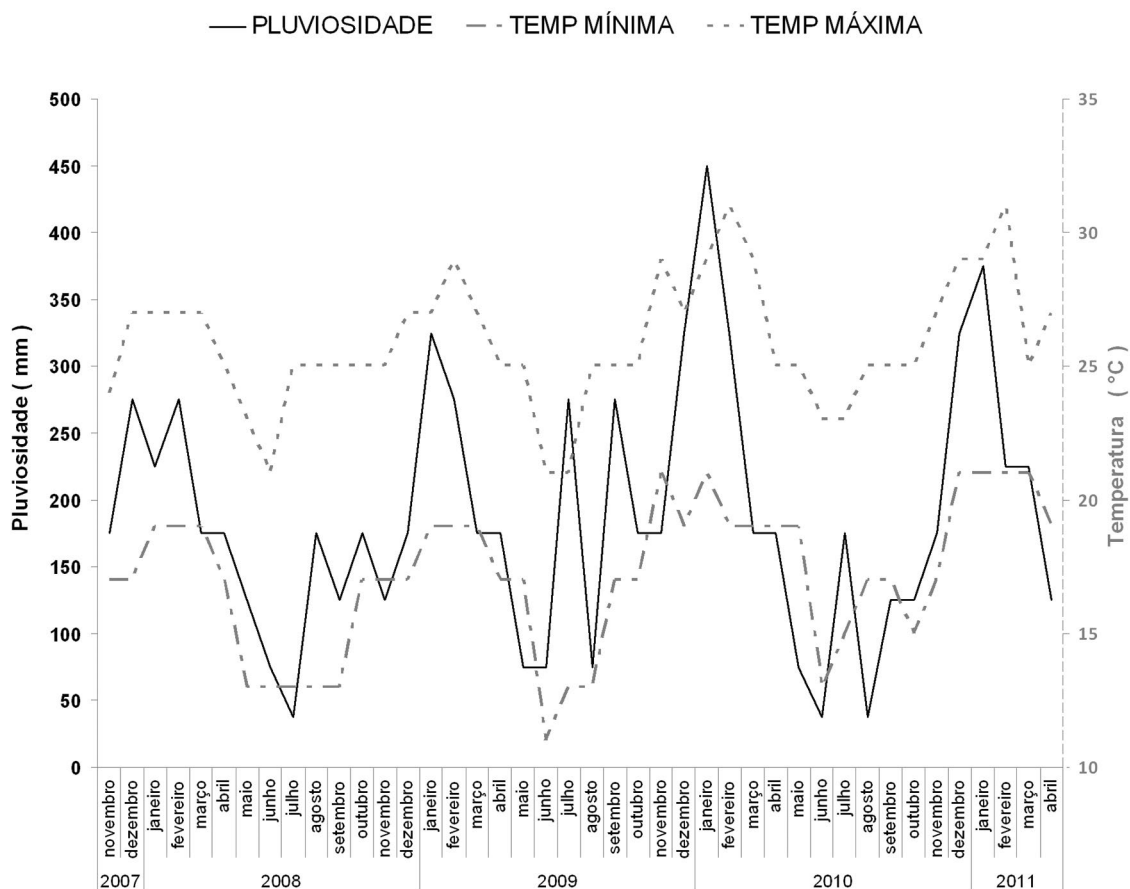


Figura 1. Pluviosidade total mensal e temperaturas médias mínimas e máximas obtidos do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE, 2012).

Figure 1. Total monthly rainfall and average minimum and maximum temperatures obtained from Center for Weather Forecasting and Climate Studies, National Institute for Space Research (CPTEC/INPE, 2012).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência das plantas de *Cyathea atrovirens* que permaneceram na adjacência da pista após a supressão da vegetação (ABE) foi elevada (97%) (Tabela 1), o que indica a resistência desta espécie às mudanças ambientais. A resistência de *C. atrovirens* às alterações ambientais foi constatada no trabalho desenvolvido por Lehn e Leuchtenberger (2008), que observaram a sobrevivência de exemplares desta espécie à passagem rápida de fogo no Estado do Rio Grande do Sul/Brasil.

As plantas que permaneceram na beira da estrada (ABE) apresentaram flutuações no desenvolvimento de báculos e frondes ao longo do período avaliado (Figura 2). O maior número de báculos ocorreu entre os meses de setembro a outubro ( $3 \pm 2$  báculos por planta), atingindo até 10 báculos em um único exemplar. Os menores valores foram verificados no período de abril a julho (Figura 2A), sendo que em 12 indivíduos não foram encontrados báculos e apenas quatro samambaias tinham um báculo cada. Contudo, não houve diferenças quanto ao número de báculos entre as plantas menores e as maiores no mesmo período avaliado (Figura 2A).

Semelhante ao verificado para os báculos, o número de frondes também variou ao longo dos 34 meses de observações (Figura 2B). Essa variação foi constatada para as duas classes de tamanho dos exemplares, sugerindo não haver

influência da altura das plantas sobre os números de báculos e de frondes durante o período deste estudo. Todavia, foi possível observar que logo após o desmatamento, nos meses de maio a julho de 2008, o número das frondes era equivalente a 2/3 da quantidade observada para os mesmos meses de 2009 e 2010. Essa diferença na produção de frondes e báculos, em determinados períodos do ano, também foi observada para outras samambaias arbóreas tropicais.

Schmitt e Windisch (2007), estudando populações de *Cyathea delgadii* Stemb., verificaram que a produção de frondes foi irregular ao longo do ano, sendo que nos meses de setembro e outubro foram registradas altas médias mensais em Novo Hamburgo/RS. Quando os espécimes estão presentes em locais onde o dossel é contínuo, tem sido considerado que este serve de proteção contra variações ambientais relacionadas às geadas e incidência excessiva de radiação (Schmitt e Windisch, 2007). De modo semelhante, observou-se, neste trabalho, maior quantidade de frondes nos meses de setembro e outubro durante os três anos de acompanhamento. Em outro trabalho de Schmitt e Windisch (2012), sobre a fenologia de *C. atrovirens* em florestas secundárias no Sul do Brasil, estes autores verificaram o surgimento de novas frondes, principalmente, entre os meses de setembro e outubro, de modo semelhante ao observado neste trabalho, tanto para as plantas de ABE quanto para as de AT, indicando a adaptação das populações estudadas.

Tabela 1. Porcentagem de sobrevivência das plantas de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin. analisadas nos experimentos ABE (Experimento de Avaliação das plantas que permaneceram na beira de estrada) e AT (Experimento de Avaliação do Transplante).

Table 1. Percentage survival of plants of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin. analyzed in the experiments ABE (Evaluation Experiment of plants that remained in roadside) and AT (Transplantation Evaluation Experiment).

	pluviosidade (mm/mês)	% sobrevivência
Experimento ABE	50	97
Experimento AT	275	80

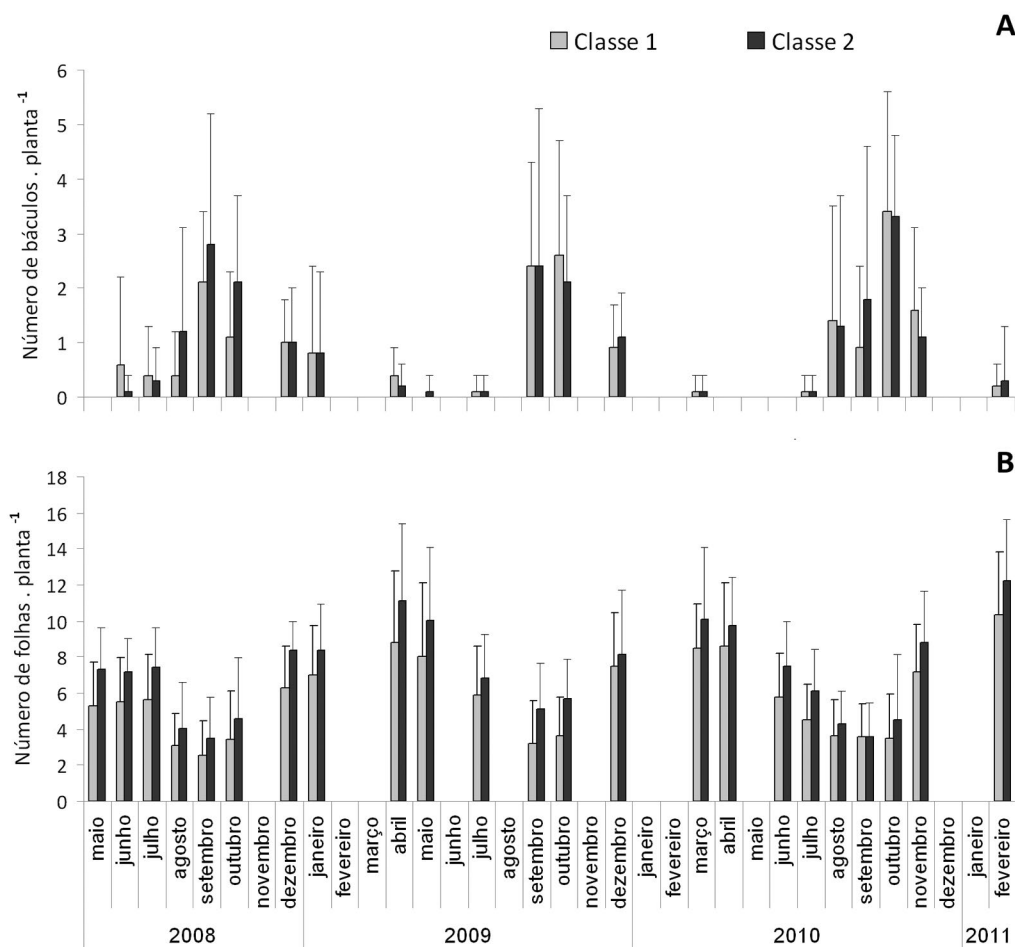


Figura 2. Avaliação do número médio de báculos (A) e frondes (B) por planta de *Cyathea atrovirens*, entre maio/2008 e fevereiro/2011, localizadas em área de borda de mata, em Embu/SP – Experimento de Avaliação das plantas que permaneceram na beira de estrada – ABE. Classe 1 inclui plantas de 0,5 a 1,6 m de altura (n = 14) e Classe 2 agrupa plantas de altura > 1,6 até 2,5 m (n = 16).

Figure 2. Evaluation of the average number of fiddleheads (A) and fronds (B) of *Cyathea atrovirens* for each plant, between May/2008 to February/2011, located on the edge of a forest in Embu/SP – Evaluation Experiment of plants that remained in roadside – ABE. Class 1 includes plants with 0.5 to 1.6 m in height (n = 14) and Class 2 plants with height > 1.6 to 2.5 m (n = 16).



Variações na pluviosidade (Figura 1) podem estar relacionadas a maior quantidade de frondes expandidas (Figura 2B), como observado nos meses de abril e maio de 2009, março de 2010 e fevereiro de 2011. Verificou-se que a maior quantidade de frondes não coincidiu com os picos de maior pluviosidade ( $p = 0,29$  para Classe 1 e  $p = 0,39$  para Classe 2), tendo sido verificado no mês seguinte ao pico de chuva.

De acordo com Coelho et al. (2007), apesar da diversificação adaptativa, as samambaias e licófitas apresentam-se altamente dependentes da disponibilidade hídrica do ambiente, que é um fator determinante aos aspectos reprodutivos. Todavia, Schmitt e Windisch (2012) e Schmitt et al. (2009), trabalhando com fenologia de *Cyathea atrovirens* e *Dicksonia sellowiana* Hook., respectivamente, em florestas secundárias no Sul do Brasil, verificaram que os eventos fenológicos não foram influenciados pela precipitação.

O aumento da altura do cáudice de plantas de ABE variou conforme a classe, sendo que as plantas maiores (Classe 2) cresceram cerca de 0,18 m em 34 meses ( $6,3 \text{ cm.ano}^{-1}$ ), enquanto as menores (Classe 1) aumentaram cerca de 0,14 m em 34 meses ( $4,9 \text{ cm.ano}^{-1}$ ) (Tabela 2).

Verificou-se que a menor planta tinha 0,55 m e a maior 2,50 m, indicando grande variação entre os indivíduos.

Franz e Schmitt (2005) avaliaram o crescimento de cáudices de plantas de *Blechnum brasiliense* Desv., de acordo com classes definidas por tamanho, e verificaram uma taxa de crescimento de cerca de  $3,03 \text{ cm.ano}^{-1}$ , sendo que plantas menores cresceram menos em relação às plantas com cáudices maiores, à semelhança do observado neste trabalho. Esses autores atribuíram esses resultados ao fato de que as plantas menores apresentam menor área foliar, absorvendo menor quantidade de luz do que plantas maiores localizadas no interior da mata.

Schmitt e Windisch (2012) observaram a média anual de crescimento do cáudice de *Cyathea atrovirens* em população nativa em torno de  $1,19$  a  $2,50 \text{ cm.ano}^{-1}$ , valores abaixo dos observados no presente trabalho, indicando que o desmatamento para a construção do Rodoanel não prejudicou o crescimento do cáudice de exemplares de *C. atrovirens* avaliados. No entanto, em outro trabalho desenvolvido por Schmitt et al. (2009), com *Dicksonia sellowiana* do Sul do Brasil, observaram um crescimento do cáudice de  $5,65 \text{ cm.ano}^{-1}$ , valor muito próximo ao observado neste estudo.

Tabela 2. Altura do cáudice de plantas de *Cyathea atrovirens* em maio/2008 e em fevereiro/2011, localizadas em área de borda de mata em Embu/SP – Experimento de Avaliação das plantas que permaneceram na beira de estrada – ABE. Classe 1 inclui plantas de 0,5 a 1,6 m de altura ( $n = 14$ ) e Classe 2 agrupa plantas de altura  $> 1,6$  até 2,5 m ( $n = 16$ ).

Table 2. Caudex height of *Cyathea atrovirens* plants in May/2008 and February/2011, located on the edge of a forest in Embu/SP – Evaluation Experiment of plants that remained in roadside – ABE. Class 1 includes plants with 0.5 to 1.6 m in height ( $n = 14$ ) and Class 2 plants with height  $> 1.6$  to 2.5 m ( $n = 16$ ).

	Altura média inicial (m) maio de 2008	Altura média final (m) fevereiro de 2011	Taxa de crescimento anual ( $\text{cm.ano}^{-1}$ )
Classe 1	$0,97 \pm 0,34$	$1,11 \pm 0,32$	4,9
Classe 2	$1,72 \pm 0,31$	$1,90 \pm 0,31$	6,3

A sobrevivência das plantas de *Cyathea atrovirens* realocadas (AT) foi de 80%, podendo estar relacionada à ocasional ocorrência de precipitações nos períodos de realocação (Figura 1), pois elas foram realocadas em novembro de 2007, sendo que 30 dias após esta realocação ocorreu o maior índice pluviométrico registrado em 2007 (Figura 1). A maior média da quantidade de frondes em AT surgiu logo após os picos de chuva (abril de 2009, março e abril de 2010 e fevereiro de 2011), indicando relação da expansão foliar com a disponibilidade hídrica. Observou-se que a maior quantidade de frondes não coincidiu com os picos de maior pluviosidade, tendo sido verificado no mês seguinte ao pico de chuva, semelhante à ABE. Verificou-se, também, em um experimento adicional com outra realocação de *C. atrovirens* para uma área de mata nativa remanescente, realizada em abril de 2008 (dados não mostrados), que coincidiu com o período de redução da pluviosidade, que dos 34 exemplares realocados apenas 13 sobreviveram (38,2% de sobrevivência) após 24 meses, não tendo sido possível realizar a análise estatística, visto que parte da área experimental precisou ser removida para a construção da rodovia, meses antes do término do experimento.

Primack (2008) relatou que a sobrevivência das plântulas de *Asclepias meadii* Torr. ex A. Gray (Apocynaceae) aumentou quando realocadas em períodos de maior pluviosidade. Segundo Eleutério e Perez-Salicrup (2009), que acompanharam a sobrevivência de plantas de *C. divergens* após realocação, no México, a disponibilidade hídrica influencia no metabolismo, favorecendo a taxa fotossintética e, consequentemente, o crescimento e produção de frondes nesta espécie. A relação entre o aumento do número de frondes desenvolvidas após o aumento da pluviosidade também foi verificada por Lehn e Leuchtenberger (2008) com a mesma espécie do presente trabalho.

As avaliações de desenvolvimento de frondes e báculos das plantas de AT mostraram também uma flutuação, porém esta foi observada apenas onze meses após a realocação. Entretanto, após esse período, o número de frondes e báculos variou em função do tempo (Figura 3A e B). Observou-se maior quantidade de báculos em setembro de 2008 ( $2,1 \pm 1,3$  báculos por planta) e em outubro de 2010 ( $2,4 \pm 1,3$  báculos por planta), e menor nos meses de abril a julho ( $0,1 \pm 0,3$  báculos por planta em abril de 2010) (Figura 3A).

Com relação à quantidade de frondes expandidas por planta observou-se um maior número nos meses de abril e junho de 2009 ( $7,7 \pm 3,0$  e  $7,0 \pm 2,9$  frondes por planta, respectivamente) e menor em agosto e setembro de 2008 ( $0,4 \pm 0,7$  e  $0,6 \pm 0,7$  frondes por planta, respectivamente) (Figura 3B). A produção de frondes foi relativamente constante e menor no primeiro ano após o transplante em comparação aos anos subsequentes (Figura 3B). Essa menor produção de frondes no período inicial após a realocação também foi observada por Eleutério e Perez-Salicrup (2009) em *Cyathea divergens* Kunze. A porcentagem de frondes mortas foi maior nos meses de julho (80% em julho de 2008) a outubro (80% em outubro de 2008) (Figura 3C), tendo sido observado o ápice em fevereiro de 2011 (83%).

Schmitt et al. (2009) observaram frondes senescentes em outra samambaia (*Dicksonia sellowiana* Hook.) em todos os meses do ano à semelhança do observado no experimento AT deste trabalho, indicando que os espécimes de *C. atrovirens* realocados apresentaram variações na quantidade de frondes mortas, característica de uma população natural.

Com relação ao crescimento do cáudice no AT, após a realocação, que ocorreu em novembro de 2007, não se observou o crescimento durante um ano, somente após o início de 2009 constatou-se a retomada do crescimento do cáudice, sendo mais acentuado após setembro de 2009, tendo atingido um crescimento médio em fevereiro de 2011, totalizando,  $0,11 \pm 0,03$  m (Figura 3D).

Eleutério e Perez-Salicrup (2009), também verificaram a sobrevivência de exemplares de *Cyathea* transplantados, porém estes autores utilizaram plantas resgatadas com o sistema radicular. Nesse sentido, o presente trabalho mostrou ser possível a sobrevivência de exemplares realocados sem o sistema radicular. Adicionalmente, a maioria das plantas, no momento da realocação, possuíam poucas frondes expandidas, o que deve ter contribuído para reduzir a perda de água nesse período de estabelecimento, conforme relatado por Eleutério e Perez-Salicrup (2009). Vale ressaltar, que a sobrevivência dos exemplares em AT se confirmou após cerca de dois anos após a realocação, pois não houve mais mortes de plantas após abril de 2009.

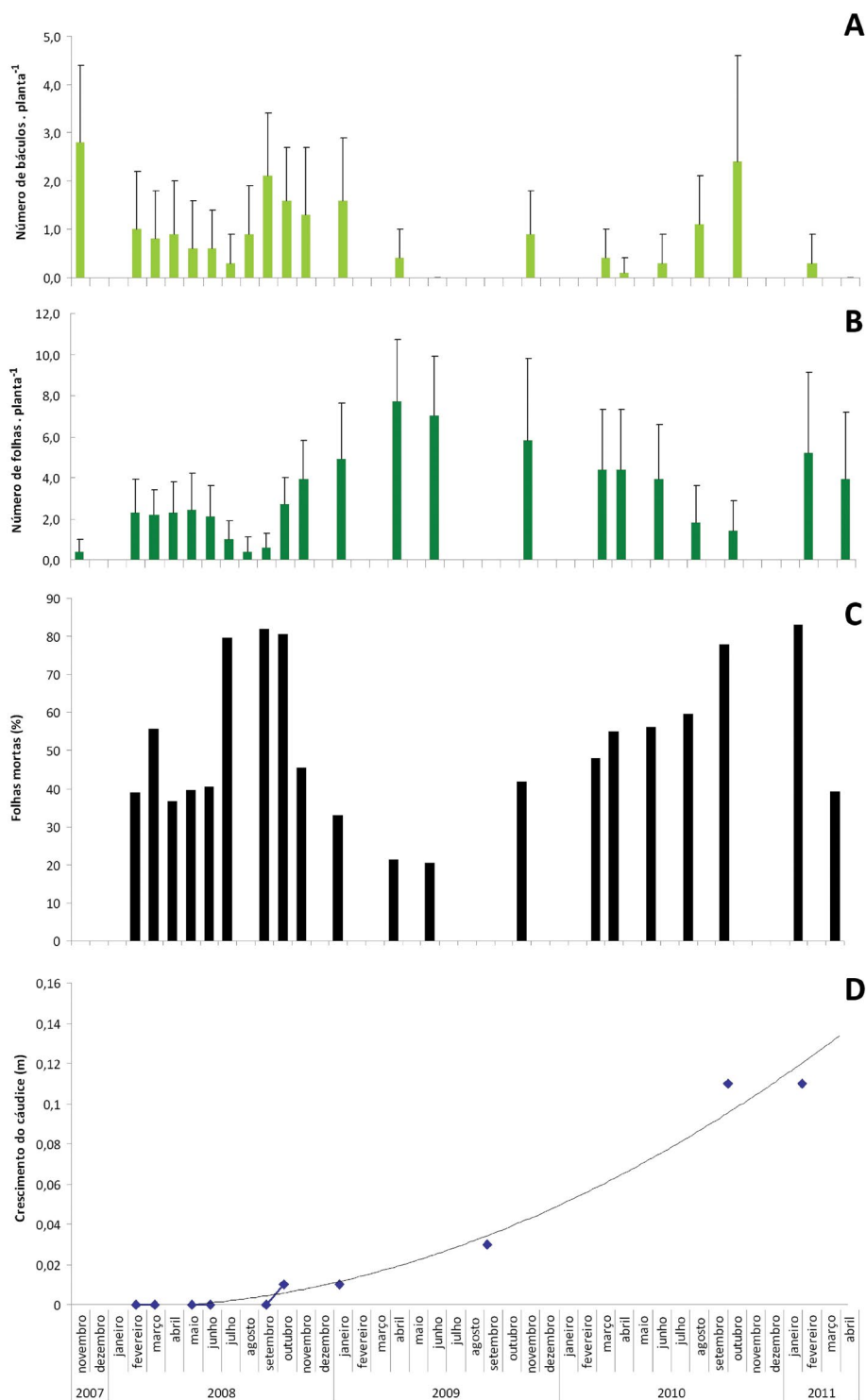


Figura 3. Avaliação do número médio de báculos (A) e frondes (B) por planta, porcentagem de frondes mortas (C) e o crescimento do cáudice (D) de *Cyathea atrovirens*, entre novembro/2007 e abril/2011 em área de realocação localizada no município de Mauá/SP – Experimento de Avaliação do Transplante – AT (n = 20).

Figure 3. Evaluation of the average number of fiddleheads (A) and fronds (B) per plant, percentage of dead fronds (C) and caudex growth (D) of *Cyathea atrovirens*, between November/2007 to April/2011 in relocation area in Mauá/SP – Transplantation Evaluation Experiment – AT (n = 20).

Segundo Eleutério e Perez-Salicrup (2009), a sobrevivência de plantas transplantadas de *Cyathea divergens* foi de 86,7% após um ano da realocação em área de clareira. Esses autores também observaram que a produção de frondes foi menor nos primeiros três meses ( $0,6 \text{ frondes.mês}^{-1}$ ) em comparação a  $1,2 \text{ frondes.mês}^{-1}$  no período subsequente; adicionalmente, constataram que o cáudice cresceu em um ano, após a realocação, 0,15 m, todos estes dados se assemelham aos resultados obtidos no presente trabalho. Concluíram que a realocação é válida, principalmente, para a conservação dos espécimes, com alta relação custo-benefício.

No presente trabalho, verificou-se que é possível transplantar indivíduos de *Cyathea atrovirens* para regiões de mata nativa, onde existiam outros exemplares da mesma espécie, à semelhança do realizado por Eleutério e Perez-Salicrup (2009), que consideraram ser um fator importante para o sucesso da realocação, contribuindo para a conservação de samambaias arborescentes.

De modo geral, analisando-se os dois experimentos, foi possível observar em relação ao número de báculos que as plantas do ABE apresentaram quantidades semelhantes às do experimento AT (figuras 2, 3). Nos samambaias, que já estavam na região de mata (ABE), foram observados de 1 a 4 báculos por planta e nos realocados, em novembro de 2009 (AT), de 1 a 3 báculos por planta. O número de frondes expandidas foi maior nas plantas em ABE do que em AT (figuras 2, 3). Com relação ao crescimento do cáudice, observou-se que as plantas em ABE cresceram mais do que as plantas realocadas em AT (Figura 3D). É importante ressaltar que no ambiente onde permaneceram as plantas do ABE há um riacho que mantém a umidade do local, não ocasionando um período de deficiência hídrica, essencial para a sobrevivência dessas plantas, tal observação foi corroborada por Schmitt e Windisch (2007).

O presente trabalho mostrou que os espécimes de *Cyathea atrovirens* sobreviveram após a supressão da vegetação e após a realocação, sugerindo que é uma espécie resistente às adversidades ambientais, conforme relatado por Lehn e Leuchtenberger (2008), que observaram a sobrevivência de todos os indivíduos pertencentes a uma população de *C. atrovirens* atingida por uma queimada no Rio Grande do Sul.

Adicionalmente, observou-se que o período de realocação mais propício foi o de maior pluviosidade. Recomenda-se, portanto, atentar para as condições climáticas de modo a aumentar a porcentagem de sobrevivência das plantas dessa espécie ao serem realocadas. Os resultados mostraram não haver necessidade de retirada e realocação dos samambaias que permanecerem nas bordas da mata após a supressão da vegetação, o que constitui importante contribuição para o planejamento do desmatamento e recuperação das áreas afetadas.

Avaliações como esta contribuem para minimizar o impacto ambiental provocado pelo desmatamento para a construção de rodovias. Este trabalho pode ser utilizado para incentivar mais pesquisas sobre o resgate e realocação de outras espécies de plantas em áreas de supressão.

Conclui-se ser possível a realocação de exemplares adultos de *Cyathea atrovirens* para áreas de mata nativa e a adaptação dos samambaias desta espécie que permanecerem na borda da rodovia após a supressão da vegetação adjacente.

#### 4 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa de Desenvolvimento Rodoviário S.A. – DERSA pelos recursos fornecidos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COELHO, S.J.; CARVALHO, E.M.A.F.; MAIA, L.G.S. Resgate das pteridófitas na área diretamente afetada do Aproveitamento Hidrelétrico do Funil-MG. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 489-491, 2007. Supl. 1.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Previsão climática**. 2012. Disponível em: <[http://clima1.cptec.inpe.br/~reclima1/monitoramento\\_brasil.shtml#](http://clima1.cptec.inpe.br/~reclima1/monitoramento_brasil.shtml#)>. Acesso em: 5 ago. 2014.
- CURY, R.T.S. et al. Sobrevivência de plântulas transplantadas de uma floresta tropical madura para viveiro de mudas na bacia do rio Xingu. **Revista do Instituto Florestal**, v. 25, n. 1, p. 53-63, 2013.

- ELEUTÉRIO, A.A.; PEREZ-SALICRUP, D. Transplanting tree ferns to promote their conservation in Mexico. **American Fern Journal**, v. 99, n. 4, p. 279-291, 2009.
- FARIAS, R.P.; XAVIER, S.R.S. Fenologia e sobrevivência de três populações de samambaias em remanescentes de Floresta Atlântica Nordestina, Paraíba, Brasil. **Biotemas**, v. 24, n. 2, p. 13-20, 2011.
- FRANZ, I.; SCHMITT, J.L. *Blechnum brasiliense* Desv. (Pteridophyta, Blechnaceae): estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica. **Pesquisas: Botânica**, v. 56, p. 173-184, 2005.
- INÁCIO, C.D.; LEITE, S.L.C. Avaliação de transplantes de árvores em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Iheringia Sér. Botânica**, v. 62, n. 1-2, p. 19-29, 2007.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. **The IUCN red list of threatened species**. 2014. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/search>>. Acesso em: 15 dez. 2014.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- LEHN, C.R.; LEUCHTENBERGER, C. Resistência ao fogo em uma população de *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch) Domin (Cyatheaceae) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**, v. 21, n. 3, p. 15-21, 2008.
- NUNES, C.C.S.; SOUZA, D.R. Sobrevivência de quatro espécies lenhosas nativas cultivadas em solos degradados, Cruz das Almas, Bahia. **Magistra**, v. 23, n. 1-2, p. 11-16, 2011.
- O'FARRELL, P.J.; MILTON, S.J. Road verge and rangeland plant communities in the southern Karoo: exploring what influences diversity, dominance and cover. **Biodiversity and Conservation**, v. 15, p. 921-938, 2006.
- PRADO, J. Pteridófitas do Maciço da Juréia. In: DULEBA, W.; MARQUES, O.A.V. (Ed.). **Estação Ecológica Juréia-Itatins**: ambiente físico, flora e fauna. Ribeirão Preto: Holos, 2004. p. 139-151.
- PRIMACK, R.B. **A primer of conservation biology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2008. 349 p.
- SAKAGAMI, C.R. **Pteridófitas do Parque Ecológico da Klabin, Telêmaco Borba, Paraná, Brasil**. 2006. 200 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em: <[http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/15461/1/Dissertacao\\_Cinthia.pdf](http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/15461/1/Dissertacao_Cinthia.pdf)>. Acesso em: 5 ago. 2014.
- SCHMITT, J.L.; WINDISCH, P.G. Estrutura populacional e desenvolvimento da fase esporofítica de *Cyathea delgadii* Sternb. (Cyatheaceae, Monilophyta) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 731-740, 2007.
- \_\_\_\_\_. Caudex growth and phenology of *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin (Cyatheaceae) in secondary forest, southern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 72, n. 2, p. 397-405, 2012.
- \_\_\_\_\_.; SCHNEIDER, P.H.; WINDISCH, P.G. Crescimento do cáudice e fenologia de *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae) no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 282-291, 2009.
- SUGIYAMA, M. Biomas do Estado de São Paulo. In: BONONI, V.L.R. (Coord.). **Biodiversidade**. São Paulo: SMA, 2010. p. 31-49.
- VASCONCELOS, P.B.; ARAÚJO, G.M. Comparação da estrutura arbórea de reservas e áreas na beira de estradas de cerrado (sentido restrito) no Triângulo Mineiro. In: BAGER, A. (Ed.). **Ecologia de estradas**. Lavras: UFLA, 2012. p. 283-296.



## 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](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](mailto: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<sup>-1</sup> em vez de mg/dia<sup>-1</sup>, µmol.min<sup>-1</sup> em vez de µmol/min<sup>-1</sup>.

### **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, sobreplotadas, ameaçadas de sobreplotação 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.





**SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE**



**GOVERNO DO ESTADO  
DE SÃO PAULO**