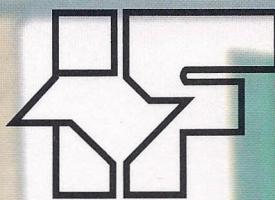
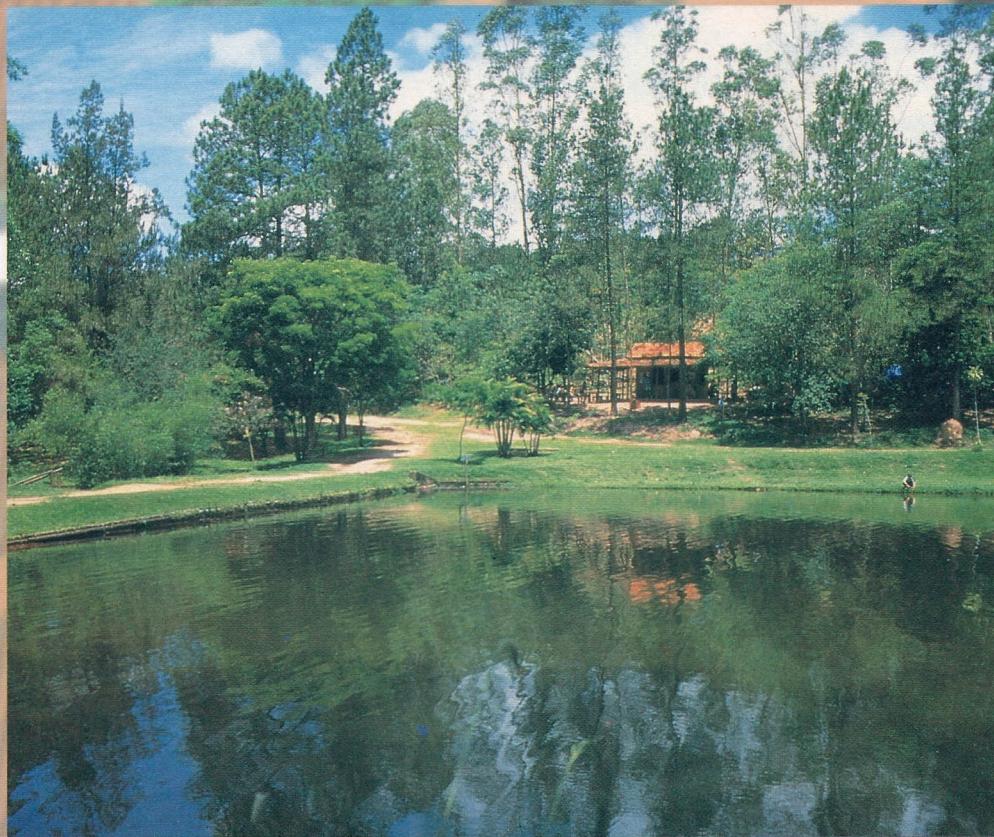




SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor. São Paulo v. 15 n. 1 p. 1 - 79 jun. 2003

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

José Goldemberg

DIRETORA GERAL

Maria Cecília Wey de Brito

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho

Cybele de Souza Machado Crestana

Edegar Giannotti

Francisco Carlos Soriano Arcova

Sandra Monteiro Borges Florsheim

Yara Cristina Marcondes

Maria Isabel Vallilo

Waldir Joel de Andrade

Ivan Suarez da Mota

Marilda Rapp de Eston

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL/SEMESTRAL PUBLICATION

SOLICITA-SE PERMUTA

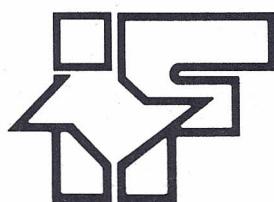
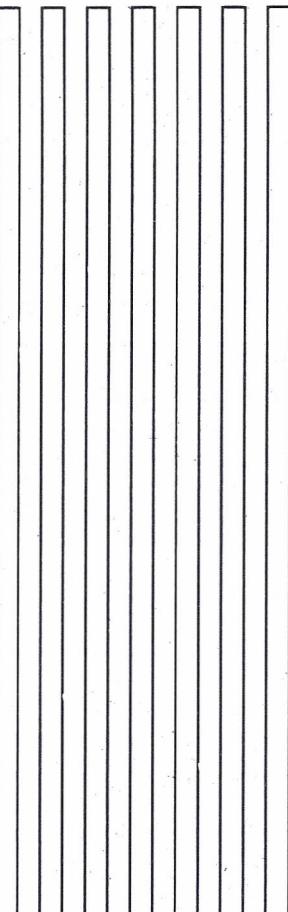
EXCHANGE DESIRED

ON DEMANDE L'ÉCHANGE

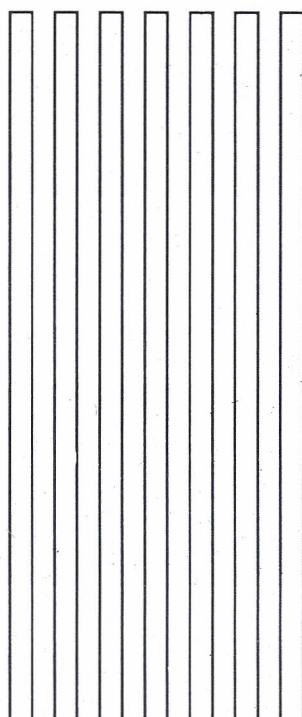
Biblioteca do
Instituto Florestal
Caixa Postal 1.322
01059-970 São Paulo, SP
Brasil
Fone: (011) 6231-8555
Fax: (011) 6232-5767
nuinfo@iforestsp.br



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL



Rev. Inst. Flor.	São Paulo	v. 15	n. 1	p. 1 - 79	jun. 2003
------------------	-----------	-------	------	-----------	-----------

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho
Cybele de Souza Machado Crestana
Edegar Giannotti
Francisco Carlos Soriano Arcova
Sandra Monteiro Borges Florsheim
Yara Cristina Marcondes
Maria Isabel Vallilo
Waldir Joel de Andrade
Ivan Suarez da Mota
Marilda Rapp de Eston

APOIO/SUPPORT

Carlos Eduardo Sposito (Revisão)
Carlos José de Araújo (Gráfica)
Deolinda Silveira (Gráfica)

CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO:

Antônio Aparecido Carpanezzi – EMBRAPA - PR
Elisabeth Ann Veasey – ESALQ/USP
Ismael Eleutério Pires – Univ. Fed. de Viçosa
Jane G. Menegaldo Snow – ITAL/CIAL
Jefferson Prado – Instituto de Botânica
João Del Giudice Neto – Instituto de Botânica
Jorge Masini – Instituto de Química/USP

José Eduardo de Arruda Bertoni – Instituto Agronômico
Maria Aparecida Giné – CENA/USP
Maria Aparecida Marin-Morales – UNESP – Rio Claro
Marília R. Pereira Noronha – UNESP – Ilha Solteira
Mario Luiz Teixeira de Moraes – UNESP – Ilha Solteira
Mário Tavares - Instituto Adolfo Lutz
Maurício Sedrez dos Reis – Univ. Fed. de Santa Catarina

SOLICITA-SE PERMUTA/EXCHANGE DESIRED/ON DEMANDE L'ÉCHANGE

Biblioteca do Instituto Florestal
Caixa Postal 1.322
010509-970 São Paulo-SP-Brasil
Fone: (011) 6231-8555
Fax: (011) 6232-5767
nuinfo@iforestsp.br

PUBLICAÇÃO SEMESTRAL/SEMESTRAL PUBLICATION

REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL
São Paulo, Instituto Florestal.

1989, 1(1-2)	1999, 11(1-2)
1990, 2(1-2)	2000, 12(1-2)
1991, 3(1-2)	2001, 13(1-2)
1992, 4	2002, 14(1-2)
1993, 5(1-2)	2003, 15(1-
1994, 6	
1995, 7(1-2)	
1996, 8(1-2)	
1997, 9(1-2)	
1998, 10(1-2)	

COMPOSTO E IMPRESSO NO INSTITUTO FLORESTAL
junho, 2003

SUMÁRIO/CONTENTS

	p.
Variação genética e seleção em teste de procedências de <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. Genetic variation and selection in provenances test of <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. Alexandre Magno SEBBENN; Hideyo AOKI; Mario Luiz Teixeira de MORAES	1-8
Conseqüências genéticas do efeito de gargalo em populações de <i>Chorisia speciosa</i> St. Hil. Genetic consequences of bottleneck in populations of <i>Chorisia speciosa</i> St. Hil. Lina Maria Farina Ingles de SOUZA; Paulo Yoshio KAGEYAMA; Alexandre Magno SEBBENN	9-17
Caracterização físico-química dos solos próximos à rodovia Fernão Dias, Parque Estadual da Cantareira, SP. Physical-chemical characterization of soils near the Fernão Dias highway, Cantareira State Park, SP. Maria Isabel VALLILO; Elisabeth de OLIVEIRA	19-28
Pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP), Brasil. Pterodophytes at Porto Ferreira State Park, SP, Brazil. Áurea Maria Therezinha COLLI; Sonia Aparecida de SOUZA; Rogéria Toler da SILVA	29-35
Composição química do fruto de <i>Eugenia klotzschiana</i> Berg. (Myrtaceae). Chemical composition of the fruit of <i>Eugenia klotzschiana</i> Berg. (Myrtaceae). Maria Isabel VALLILO; João Batista BAITELLO; Leda LAMARDO; Cássia Maria LOBANCO	37-44
Número de populações para conservação genética <i>in situ</i> de espécies arbóreas. Number of populations for <i>in situ</i> genetic conservation in tree species. Alexandre Magno SEBBENN	45-51
Padrão de distribuição espacial de <i>Genipa americana</i> L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP. Spatial distribution pattern of <i>Genipa americana</i> L. (Rubiaceae) in two riparian forest populations of Moji-Guaçu river, SP. Cybele de Souza Machado CRESTANA	53-67
Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinquenta anos de idade, em Piracicaba, SP. Recruitment and phytosociology of a reforestation with native and exotic species, fifty years later, in Piracicaba, SP. Edegar GIANNOTTI; Cybele de Souza Machado CRESTANA; Demétrio Vasco de TOLEDO FILHO; Eduardo Amaral BATISTA	69-79

VARIAÇÃO GENÉTICA E SELEÇÃO EM TESTE DE PROCEDÊNCIAS DE *Grevillea robusta* A. Cunn.*

Alexandre Magno SEBBENN**

Hideyo AOKI**

Mario Luiz Teixeira de MORAES***

RESUMO

A seleção visando à produção de sementes em testes de procedências é uma alternativa em casos de necessidade imediata de sementes ou na impossibilidade de reamostragem das procedências selecionadas. Os objetivos deste estudo foram as avaliações dos comportamentos genético e fenotípico dos caracteres de crescimento, em seis procedências australianas de *Grevillea robusta*, aos 11 anos de idade, na Floresta Estadual de Avaré, SP, visando à seleção massal intrapopulacional. O teste F da análise de variância detectou variações significativas entre procedências para todos os caracteres, sugerindo a possibilidade de ganhos com a seleção das melhores procedências. Por sua vez, a análise da distribuição da variação genética entre e dentro de procedências revelou que pelo menos 97,2% da variação total encontra-se dentro de procedências, indicando a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção intrapopulacional. Os crescimentos médio em DAP, altura e volume cilíndrico indicaram as procedências Wallaby Creek QLD e Subio Por936 QLD como as de melhores performances. As correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres foram altas ($> 0,8$) e significativas, permitindo ganhos indiretos em um caráter com a seleção em outro. A estimativa da resposta à seleção de 28,4% das melhores árvores revelou a possibilidade de ganhos razoáveis para os caracteres: 0,87% para DAP, 0,98% para altura e 3,26% para volume cilíndrico. O tamanho efetivo estimado após a seleção é suficiente para manter a variabilidade genética no ensaio.

Palavras-chave: teste de procedência; *Grevillea robusta*, variação genética; seleção, tamanho efetivo.

ABSTRACT

Selection seeking seeds production in provenance tests is an alternative in case of immediate necessity of seeds or impossibility of resampling of selected provenances. The aim of this study was to evaluate the genetic and phenotypic behavior of growth traits and selection, in six Australian provenances of *Grevillea robusta*, at 11 years old, in Avaré State Forest, SP. The analysis of individual variance showed significant variation for all traits at 1% of probability among provenances, suggesting the gains possibility with selection of the best provenances. Analysis of distribution of genetic variation among and within provenances revealed that 97.2% of variation was within provenances, indicating the possibility of genetic gains with selection within provenances. Medium growth in DBH, height and cylindrical volume indicated the Wallaby Creek QLD and Subio Por936 provenances as the best performance. The genetic and phenotypic correlations between traits were high (> 0.8) and significant, allowing indirect gains in a trait with selection in another. The estimation of selection response of 28.4% of the best trees revealed the possibility of reasonable gains to traits: 0.87% to DBH, 0.98% to height and 3.26% to cylindrical volume. The estimate of effective number is enough to retain the genetic variability in trials.

Key words: provenance test; *Grevillea robusta*, genetic variation; selection, effective size.

(*) Aceito para a publicação em fevereiro de 2003.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

(***) Universidade Estadual Paulista - UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Grevillea robusta A. Cunn. (Proteaceae) é uma espécie arbórea originária das áreas costeiras subtropicais de New South Wales e Queensland na Austrália. A espécie foi introduzida em São Paulo no final do século XIX (Baggio, 1983), estando bem aclimatada no Brasil (Correia, 1926). *G. robusta* é de rápido crescimento, adaptada às condições climáticas do Estado de São Paulo, onde vem sendo cultivada há algumas décadas com sucesso, para a produção de madeira de boa qualidade. Sua principal utilização no Brasil, especialmente no sul do Estado de São Paulo e norte do Paraná, tem sido a formação de quebra-vento arbóreo para a agricultura. O interesse pela *G. robusta* foi despertado pelo seu uso em cortinas quebra-vento e proteção de geadas, principalmente em lavouras de café. Reconhecida como espécie ideal para sistemas agroflorestais, devido à pouca competitividade com as culturas agrícolas, tem sido utilizada em sombreamento de pastagens com benefícios reconhecidos. Constitui-se em uma espécie alternativa de grande aceitação, devido ao rápido crescimento, plasticidade, rusticidade e boa qualidade da madeira (Ferreira & Martins, 1998). Útil também para a marcenaria, apicultura e lenha, a *G. robusta* é mais freqüentemente associada às lavouras de café, chá e cacau, como sombreadora ou quebra-vento (Willey, 1975; Baggio, 1983).

Os testes de procedências, em geral, constituem a segunda etapa de um programa de melhoramento de uma espécie arbórea exótica. Nessa fase de experimentação, materiais genéticos coletados em diferentes populações são testados conjuntamente em ambientes comuns, visando à seleção da melhor ou melhores procedências para as condições onde se pretende desenvolver o programa de melhoramento. Após essa fase, as procedências selecionadas são reamostradas no seu local de origem, visando à coleta de progêneres para a terceira etapa do programa: a seleção das melhores progêneres e indivíduos dentro de progêneres.

TABELA 1 – Coordenadas geográficas e número de matrizes (*m*) por procedências nas quais efetuou-se a coleta das sementes utilizadas no ensaio.

Procedências	<i>m</i>	Latitude S.	Longitude N.	Altitude (m)
Linville QLD (1)	10	26°49'	152°16'	140
Emu Vale QLD (2)	10	28°14'	152°17'	545
Subio Por936 QLD (3)	15	27°17'	152°04'	600
Wallaby Creek QLD (4)	15	26°55'	152°13'	120
Albert River QLD (5)	10	28°16'	153°06'	300
12.6K FR Woodembong QLD (6)	11	28°26'	152°45'	200
Assis, SP - Testemunha (7)	—	22°40'	50°25'	562

Contudo, em situações nas quais a reamostragem das procedências é difícil ou impossível, devido à falta de recursos, perda das procedências originais ou necessidade imediata de material genético, uma alternativa é praticar a seleção no próprio teste de procedência. Um exemplo disso vem ocorrendo com *G. robusta* no sul do Estado de São Paulo. A falta de recursos para a reamostragem das procedências selecionadas para a região de Avaré (Sebbenn *et al.*, 1999) e a constante procura por sementes da espécie incentivam a seleção no próprio teste de procedências.

Os objetivos do presente trabalho foram estudar o comportamento genético e fenotípico dos caracteres de crescimento, as associações genéticas e fenotípicas entre eles, a distribuição da variação genética entre e dentro de procedências e a seleção dos melhores indivíduos dentro de procedências de *G. robusta*, visando à produção de sementes melhoradas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O teste de procedências de *G. robusta* foi instalado em 1991, na Floresta Estadual de Avaré (Lat. 20°03'S, 48°54'N, altitude 630 m, precipitação de 1.290 mm, clima Cw e solo tipo Latossolo Vermelho) a partir de seis procedências australianas e uma de Assis, SP (testemunha), através de financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, para a importação de sementes da Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - CSIRO, Austrália. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, parcelas quadradas de 16 plantas úteis, espaçamento 3,0 x 3,0 m e bordadura externa de três linhas. As características dos locais de origem das procedências e o número de árvores (matrizes) que deram origem às sementes utilizadas no ensaio são apresentados na TABELA 1.

Os dados de DAP e altura (ALT) foram medidos aos 11 anos de idade. O caráter volume cilíndrico foi estimado a partir do diâmetro e da altura por: $VC = [\pi(DAP / 100)^2 / 4]h$, em que h é a altura das árvores. As análises da variância foram realizadas em nível de plantas para cada caráter. As estimativas dos componentes da variância foram obtidas aplicando-se o procedimento VARCOMP do programa estatístico SAS (SAS, 1999). As análises de variância foram realizadas com base no modelo linear:

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

em que: Y_{ijk} = valor fenotípico da planta k , na procedência i , no bloco j ; m = média geral do caráter no ensaio; b_j = efeito fixo do bloco j ($j = 1, 2, \dots, J$); t_i = efeito aleatório da procedência i ($i = 1, 2, \dots, I$); e_{ij} = efeito aleatório do erro entre parcelas; d_{ijk} = efeito aleatório do erro dentro de parcela ($k = 1, 2, \dots, K$). O esquema da análise da variância encontra-se na TABELA 2. A variância fenotípica dentro de procedências ($\hat{\sigma}_{dp}^2$) foi estimada pela média ponderada dos quadrados médios entre plantas dentro das parcelas.

TABELA 2 – Quadro da análise da variância individual por caráter para o delineamento de blocos casualizados.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J - 1$	QM_1	–
Procedências	$I - 1$	QM_2	$\sigma_d^2 + J\sigma_e^2 + J\bar{K}\sigma_p^2$
Erro entre parcelas	$(J-1)(I-1)$	QM_3	$\sigma_d^2 + J\sigma_e^2$
Dentro de procedências	$J(\bar{K} - 1)$	QM_4	σ_d^2
Total	$J\bar{K} - 1$	–	–

Onde:

J = número de blocos;

I = número de procedências;

\bar{K} = média harmônica do número de plantas por parcela;

$\hat{\sigma}_p^2 = (QM_2 - QM_3)/J\bar{K}$ = variância genética entre procedências;

$\hat{\sigma}_e^2 = (QM_3 - QM_4)/J$ = variância ambiental entre parcelas;

σ_d^2 = variância fenotípica dentro de procedências;

$\hat{\sigma}_F^2 = \sigma_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2$ - variância fenotípica total.

As correlações genéticas (\hat{r}_g) e fenotípicas (\hat{r}_F) entre os caracteres foram estimadas de valores individuais de acordo com as seguintes equações:

$$\hat{r}_g = \frac{\hat{\sigma}_{g_x g_y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{g_x}^2 \hat{\sigma}_{g_y}^2}} \quad \hat{r}_F = \frac{\hat{\sigma}_{F_x F_y}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{F_x}^2 \hat{\sigma}_{F_y}^2}}$$

sendo, $\sigma_{g_x g_y}$ e $\sigma_{F_x F_y}$ os produtórios genéticos e fenotípicos cruzados dos caracteres x e y ; $\hat{\sigma}_{F_x}^2$, $\hat{\sigma}_{g_x}^2$ e $\hat{\sigma}_{F_y}^2$, $\hat{\sigma}_{g_y}^2$ são as variâncias genéticas e fenotípicas dos caracteres x e y , respectivamente. Os produtórios cruzados foram estimados da análise de covariância.

A resposta à seleção (\hat{R}_s) foi estimada por:

$$\hat{R}_s = i\hat{\sigma}_F \hat{h}_i^2$$

em que, i é a intensidade de seleção em unidades de desvio padrão, $\hat{\sigma}_F$ é o desvio padrão fenotípico e \hat{h}_i^2 é o coeficiente de herdabilidade dos valores aditivos dos indivíduos. Como as procedências não foram representadas por estruturas de progênies, não foi possível estimar \hat{h}_i^2 , sendo assumido valores conservadores para os caracteres: DAP = 0,08, altura e volume cilíndrico = 0,05. Foram selecionadas 28% das árvores dentro de procedência ($i = 1,2022$ - Hallauer & Miranda Filho, 1988, p. 166).

A resposta à seleção em porcentagem [\hat{R} (%)] foi estimada por: $\hat{R}_s(\%) = (\hat{R}_s / x)100$, em que, x é a média populacional antes da seleção.

O tamanho efetivo (\hat{N}_e) foi estimado, considerando a espécie como de cruzamentos aleatórios, sendo as progênies dentro do conjunto gênico aparentadas no grau de meios-irmãos.

Também foi assumido que no processo de formação do conjunto amostral, para representar as procedências, cada matriz contribuiu com o mesmo número de sementes (controle gamético feminino). O tamanho efetivo foi então estimado com base em Vencovsky (1978).

$$\hat{N}_e = \frac{4m\bar{n}}{\bar{n} + 3}$$

em que m é o número de progênies; \bar{n} é a média do número de plantas por progénie.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de variação experimental (CV_{exp}) variou de 13,9% a 54,4% para os caracteres (TABELA 3). A altura e o DAP apresentaram CV_{exp} variando entre 13,9% a 24%, respectivamente e o volume cilíndrico apresentou CV_{exp} de 54,4%, mostrando que a precisão experimental é razoável para os dois primeiros caracteres, mas baixa para o volume cilíndrico.

TABELA 3 – Quadrados médios e resultados do teste F, coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), sobrevivência, média e variância genética entre ($\hat{\sigma}_p^2$) e fenotípica dentro ($\hat{\sigma}_d^2$) de procedências para DAP, altura e volume cilíndrico, em *G. robusta* na Floresta Estadual de Avaré.

	DAP (cm)	Altura (m)	VC (m^3)
QM Procedência	50,3065**	32,7018**	0,0904**
QM Erro	25,3065	21,5195	0,0501
CV _{exp} (%)	24,0	13,9	54,4
Média (Proc.)	14,89	13,60	0,267
$\hat{\sigma}_p^2$	0,3991 (3,0%)	0,1921 (5,2%)	0,0006 (2,8%)
$\hat{\sigma}_d^2$	12,8016 (97,0%)	3,4746 (94,8%)	0,0211 (97,2%)

(**) P < 0,01.

Sobrevivência = 97,1%; Porcentagem de árvores bifurcadas = 17,3%.

() Percentual do componente de variância, relativo à variância total, $\hat{\sigma}_T^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_d^2$.

O teste F da análise de variância detectou diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade entre procedências para todos os caracteres, indicando a possibilidade de ganhos na seleção entre procedências (TABELA 3). Apesar das diferenças genéticas detectadas entre procedências, a distribuição da variação entre ($\hat{\sigma}_p^2$) e dentro

($\hat{\sigma}_d^2$) de procedências mostrou baixa diferenciação genética entre procedências para todos os caracteres (máximo 5,2%), e que a maior parte da variação encontra-se dentro de procedências (mínimo 94,8%). Este mesmo padrão já havia sido documentado no ensaio aos quatro anos de idade na avaliação dos caracteres DAP e altura (Sebbenn *et al.*, 1999).

Maior variação genética dentro de procedências, com base em caracteres quantitativos, também foi detectada em *Abies concolor* (Hamrick, 1976), *Myracrodruron urundeuva* (Moraes, 1993), *Picea glauca* (Li et al., 1993), *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Zheng et al., 1994), *Acer platanoides*, *Alnus glutinosa*, *Fagus sylvatica* e *Fraxinus excelsio* (Bullockas et al., 1999), *Balfourodendron riedelianum* (Siqueira et al., 2000) e *Cariniana legalis* (Sebbenn et al., 2000). Esse resultado está também de acordo com o obtido a partir de dados de isoenzimas na maioria das espécies arbóreas (Hamrick & Godt, 1990). A magnitude da variação fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_d^2$) indica a possibilidade de ganhos expressivos com a seleção dentro de procedências.

A sobrevivência no ensaio foi alta (97,1%) e as plantas mortas estavam aleatoriamente distribuídas nas procedências. Isto mostra que todas as procedências apresentaram boa adaptação às condições edafoclimáticas de Avaré. A incidência de árvores bifurcadas foi alta (17,3%), sendo que a seleção visará eliminar este caráter da população.

TABELA 4 – Crescimento médio das procedências de *G. robusta* e erro padrão da média para os caracteres DAP, altura (ALT) e volume cilíndrico (VC) na Floresta Estadual de Avaré.

DAP ± erro (cm)	ALT ± erro (m)	VC ± erro (m ³)
(4) 15,92 ± 0,46	(4) 14,04 ± 0,26	(3) 0,315 ± 0,024
(3) 15,82 ± 0,57	(3) 13,97 ± 0,32	(4) 0,305 ± 0,019
(6) 14,93 ± 0,49	(1) 13,86 ± 0,34	(1) 0,267 ± 0,019
(1) 14,81 ± 0,45	(6) 13,50 ± 0,31	(6) 0,264 ± 0,020
(2) 14,32 ± 0,37	(2) 13,48 ± 0,22	(2) 0,233 ± 0,030
(7) 14,11 ± 0,32	(5) 12,79 ± 0,34	(5) 0,218 ± 0,021
(5) 13,56 ± 0,50	(7) 11,98 ± 0,23	(7) 0,198 ± 0,011

(): Número da procedência. 1: Linville QLD; 2: Emu Vale QLD; 3: Subio Por936 QLD; 4: Wallaby Creek QLD; 5: Albert River QLD; 6: 12.6K FR Woodembong QLD; 7: Assis, SP - Testemunha.

Comparando-se a performance das procedências com o observado aos quatro anos de idade em Avaré (Sebbenn et al., 1999), observam-se algumas alterações na classificação com o passar de sete anos de experimentação, desestimulando a seleção precoce. Aos quatro anos de idade, as procedências 6 e 3 (Woodembong e Subio Por936) foram as melhores para o DAP e as procedências 5 e 2 (Albert River e Emu Vale) as melhores para altura de plantas. Nesse mesmo período, as piores foram

Os caracteres apresentaram padrão de classificação em crescimento semelhante entre si nas diferentes procedências (TABELA 4). As procedências 4 e 3 (Wallaby Creek e Subio Por936) apresentaram a melhor performance para todos os caracteres e as procedências 7 e 5 (Assis e Albert River) apresentaram o pior desempenho para todos os caracteres. Logo, com exceção da procedência 5 (Albert River) para altura, todas as demais tiveram crescimentos superiores a testemunha. O crescimento da testemunha, possivelmente esteja associado ao fato de que as primeiras introduções de *G. robusta* no Estado de São Paulo e Brasil foram realizadas com sementes originadas de uma ou poucas árvores matrizes de procedência desconhecida, e a pobre performance poderia ser o resultado da origem inadequada e/ou da endogamia gerada por gerações de cruzamentos entre parentes. Este é um ponto muito importante, que pode ser esclarecido com auxílio de marcadores, moleculares. A avaliação de materiais provenientes das primeiras introduções com base em genes marcadores citoplasmáticos, como cpDNA e mtDNA, pode detectar ou dar uma idéia aproximada do número de árvores matrizes que deram origem às plantações da espécie no Brasil.

as procedências 1 e 5 (Linville e Albert River) para DAP e as procedências 7 e 3 (Assis e Subio Por936) para altura, sugerindo a presença de interação genótipo x anos, fraca para DAP e alta para altura.

As estimativas das correlações genéticas (\hat{r}_g) e fenotípicas (\hat{r}_F) foram altas entre os caracteres ($> 0,8$), em especial as genéticas, demonstrando a possibilidade de ganhos indiretos em um caráter com seleção em outro (TABELA 5).

TABELA 5 – Correlações genéticas (\hat{r}_g - diagonal superior) e fenotípicas (\hat{r}_F - diagonal inferior) para ensaio de procedências de *G. robusta*.

	DAP	Altura	Volume cilíndrico
DAP	–	0,96**	0,98**
Altura	0,83**	–	1,00**
Volume cilíndrico	0,96**	0,93**	–

(**) P ≤ 0,01.

A seleção no teste de procedências foi realizada da seguinte forma: como o teste foi constituído de seis procedências australianas, formadas a partir de conjuntos de sementes coletadas de, no mínimo, 10 árvores, e uma testemunha de Assis, SP, de procedência desconhecida, da testemunha foi selecionado somente o melhor indivíduo de cada parcela, totalizando quatro plantas no ensaio (TABELA 6). Das quatro melhores procedências australianas (procedências 1, 3, 4 e 6) foram selecionadas seis plantas por parcela, totalizando 24 plantas/procedência, e das duas piores procedências (procedências 2 e 5), foram selecionadas três plantas por parcela, totalizando 12 plantas/procedência. Portanto, a intensidade de seleção (*i*) foi de 28,3% (124 de 438 plantas) e as freqüências gênicas da população melhorada serão dominadas pela contribuição dos alelos contidos nos melhores indivíduos das procedências selecionadas.

A intensidade de seleção foi determinada, visando manter o tamanho efetivo próximo a 50, o qual, teoricamente, mantém 90%,

da variabilidade genética atual em 10 gerações em locos com dois alelos, em uma população de cruzamentos aleatórios e com gerações discretas (Frankel & Soulé, 1981). Para a estimativa do \hat{N}_e assumiu-se que, após a coleta das sementes, foi realizado o controle gamético feminino, sendo que cada matriz contribuiu com o mesmo número de sementes para o conjunto de sementes que representam cada procedência. Assim, o tamanho efetivo do ensaio atinge o valor de 91,6 e o tamanho efetivo selecionado atinge o valor de 38,4. Substituindo-se este último valor na expressão que estima a perda da variação genética por deriva genética [$(H_o / H_t) = (1 - 1/2N_e)^t$ - Crow & Kimura, 1970], para um intervalo de 10 gerações (*t*), conclui-se que o tamanho efetivo selecionado poderá manter 87,7% da variação genética atual, em locos com dois alelos, considerando gerações discretas. Contudo, como em espécies arbóreas as gerações são contínuas, isto é, ocorrem sobreposições de gerações, é esperado que a perda seja um pouco maior.

TABELA 6 – Número de matrizes (*m*), plantas por procedências (*nm*), plantas por matriz (*pl/m*), tamanho efetivo (\hat{N}_e), plantas selecionadas por parcela (parcelas) e plantas selecionadas no ensaio (ensaio), em *G. robusta*.

Proc.	Antes da Seleção				Após a Seleção			
	<i>m</i>	<i>nm</i>	<i>pl/m</i>	\hat{N}_e	parcela	ensaio	<i>pl/m</i>	\hat{N}_e
1	10	60	6,0	15,0	6	24	2,4	7,7
2	10	64	6,4	15,6	3	12	1,2	4,3
3	15	62	4,1	13,0	6	24	1,6	5,8
4	15	64	4,3	13,3	6	24	1,6	5,8
5	10	63	6,3	15,5	3	12	1,2	4,3
6	11	62	5,6	14,9	6	24	2,2	7,3
7	1	63	63	3,9	1	4	4	3,2
Total	72	438	–	91,6	–	124	–	38,4

O esquema de seleção proposto permitiu a obtenção de progressos genéticos razoáveis (TABELA 7). O maior avanço foi observado para o caráter volume cilíndrico (3,26%). Os demais caracteres apresentaram ganhos inferiores a 1%. Tendo em vista a alta correlação genética entre os caracteres ($\geq 0,96$),

a seleção para o caráter DAP, poderá resultar em progresso indireto em altura e volume. Se o ganho em DAP foi de 0,87%, multiplicando este valor pela correlação genética entre DAP e altura (0,96) e DAP e volume (0,98), tem-se que o ganho indireto será de 0,83% para altura e 0,85% para volume.

TABELA 7 – Desvios padrão fenotípico ($\hat{\sigma}_F$), coeficiente de herdabilidade em nível de plantas individuais (h_i^2) e reposta à seleção em percentual (\hat{R}_S) para DAP, altura (ALT) e volume cilíndrico (VC), em procedências de *G. robusta*.

Parâmetro	DAP (cm)	ALT (m)	VC (m ³)
$\hat{\sigma}_F$	1,3308	2,2248	0,145
h_i^2	0,08	0,05	0,05
\hat{R}_S (%)	0,87	0,98	3,26

$i = 1,2022$ - intensidade de seleção em unidades de desvio padrão para a seleção de 28,4% das plantas.

4 CONCLUSÕES

1. O teste F da análise da variância detectou variações genéticas significativas entre procedências para todos os caracteres, sugerindo a possibilidade de ganhos com a seleção das melhores procedências. Por sua vez, a análise da distribuição da variação genética entre e dentro de procedências revelou que, pelo menos 97,2% da variação genética total encontra-se dentro de procedências, sendo, portanto, possível também a obtenção de ganhos genéticos com a seleção dentro de procedências.
2. Os crescimentos médios em DAP, altura e volume cilíndrico indicaram as procedências Wallaby Creek e Subio Por936 como as de melhores desenvolvimento.
3. As correlações genéticas e fenotípicas foram altas e significativas entre os caracteres, sugerindo a possibilidade de ganhos indiretos em um caráter com a seleção em outro. A estimativa da resposta à seleção revelou a possibilidade de ganhos razoáveis para os caracteres.
4. O tamanho efetivo estimado após a seleção é suficiente para manter a variabilidade genética no ensaio, no curto prazo.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Yara Cristina Marcondes, da Gráfica do IFSP, pela valiosa correção na ortografia deste artigo e à FAPESP pelo custeio da importação das sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGGIO, A. S. Sistema agroflorestal *Grevillea* x café: início de nova era na agricultura paranaense. Curitiba: EMBRAPA-UFPFCS, 1983. 15 p. (Circular Técnica, 9).
- BULIUCKAS, V. et al. Genetic variation among and within populations of four Swedish hardwood species assessed in a nursery trial. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 48, n. 1, p. 17-25, 1999.
- CORREA, M. P. *Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Serviço de Informações Agrícolas, 1926. v. 3, p. 490-491.
- CROW, J. F.; KIMURA, M. A. *An introduction to population genetics theory*. London: Harper & Row, 1970. 591 p.

SEBBENN, A. M.; AOKI, H.; MORAES, M. L. T. de. Variação genética e seleção em teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn.

- FERREIRA, C. A.; MARTINS, E. G. O. Potencial da grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn.) para reflorestamento. In: SIMPÓSIO SOBRE "ESPÉCIES NÃO TRADICIONAIS PARA PLANTIOS COM FINALIDADES PRODUTIVAS E AMBIENTAIS", 1998, Curitiba. Colombo: EMBRAPA, 1998. p. 171-178.
- FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution.** Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327 p.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding.** Ames: State University Press, 1988. 469 p.
- HAMRICK, J. L. Variation and selection in western montane species II. Variation within and between populations of White Fir on elevation transect. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 47, p. 27-34, 1976.
- _____, GODT, M. J. W. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D. et al. (Ed.). **Plant population genetics, breeding and genetic resources.** Sunderland: Sinauer Associates, 1990. p. 43-63.
- LI, P. et al. Genetic variation in juvenile growth and phenology in a White Spruce progeny test. **Silvae Genetica,** Frankfurt, v. 42, n. 1, p. 52-60, 1993.
- MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão) Engler).** 1993. 139 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide:** Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.
- SEBBENN, A. M. et al. Teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Rev. Inst. Flor.,** São Paulo, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1999.
- SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. De F.; GURGEL GARRIDO, L. M. do A. Interação progênie x locais e variabilidade genética em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. **Rev. Inst. Flor.,** São Paulo, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000.
- SIQUEIRA, A. C. M. De F. et al. Distribuição da variação genética entre e dentro de populações de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler para a conservação ex situ. **Rev. Inst. Flor.,** São Paulo, v. 12, n. 2, p. 89-103, 2000.
- VENCOVSKY, R. Effective size of monoecious populations submitted to artificial selection. **Brazil Journal Genetics,** Ribeirão Preto, v. 1, n. 3, p. 181-191, 1978.
- WILLEY, R. N. The use of shade in coffee, cocoa and tea. **Horticultural Abstracts,** St. Joseph, v. 45, n. 12, p. 791-798, 1975.
- ZHENG, Y. O.; ENNOS, R.; WANG, H. R. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* Morrelet var. *bahamensis* and Golf. **Forest Genetics,** Zvolen, n. 1, v. 3, p. 165-174, 1994.

CONSEQÜÊNCIAS GENÉTICAS DO EFEITO DE GARGALO EM POPULAÇÕES DE *Chorisia speciosa* St. Hil¹

Lina Maria Farina Ingles de SOUZA²
Paulo Yoshio KAGEYAMA³
Alexandre Magno SEBBENN⁴

RESUMO

A fragmentação de grandes extensões de florestas em pequenos remanescentes tem levado ao isolamento genético de populações. A redução drástica do número de indivíduos de uma espécie em um certo local é designado de gargalo genético, e contribui para alterações nas frequências alélicas, perda e fixação de alelos, perda de variação genética e redução do potencial evolutivo. Para investigar possíveis alterações da deriva genética nos índices de diversidade genética, foram simulados diferentes tamanhos de gargalo em uma população natural de *Chorisia speciosa* na Estação Ecológica de Bauru. Os genotipos isoenzimáticos de 53 indivíduos adultos de *C. speciosa* foram revelados para seis sistemas enzimáticos. As análises dos resultados evidenciaram que não houve diferenças significativas nos índices de diversidade genética estimados para cada subpopulação criada. Os efeitos mais evidentes da deriva foram a perda, fixação e oscilações aleatórias de alelos raros.

Palavras-chave: *Chorisia speciosa*; aloenzima, efeito de gargalo; variação genética; deriva genética.

1 INTRODUÇÃO

A destruição de habitats e consequente fragmentação de populações naturais têm levado muitas espécies à perda de variabilidade genética, podendo reduzir a habilidade das populações em se adaptarem à futuras mudanças ambientais. As previsões iniciais sobre as consequências genéticas da fragmentação de habitats enfocam o isolamento e o tamanho populacional reduzido (Young *et al.*, 1996). A fragmentação de habitats pode causar perda de variação genética por duas vias: i) a redução do tamanho populacional cria gargalos genéticos, dado que os indivíduos remanescentes contêm apenas uma pequena amostra do conjunto gênico original, e ii) como consequência, a pequena população remanescente,

ABSTRACT

The fragmentation of large extension of forest in small remnants has isolated genetically local populations. The drastic reduction of the individual numbers of species in a given local is known as the bottleneck. This contributes to alteration in allelic frequency distribution in short time and losses of genetic variation in a long time, which reduces the species evolutionary potential. In order to evaluate possible alterations over genetic diversity indexes through genetic drift of several bottlenecks sizes were simulated in natural populations of *Chorisia speciosa* in Bauru Ecological Station. By the method of gel electrophoresis, the genotypes of 53 trees were drawn from six allozymes (nine loci), which were extracted from leave tissues. The results show no significant differences on indexes of genetic diversity estimates among subpopulations simulated. However, loss, fixation and frequency oscillations of rare alleles were observed, reflecting the bottleneck effect.

Key words: *Chorisia speciosa*; allozyme, bottleneck effect; genetic variation; genetic drift.

caso permaneça isolada por muitas gerações, terá contínua perda de alelos devido à deriva genética. O gargalo contribui para a perda de alelos, especialmente os raros, e isto é muito mais efetivo do que a perda de heterozigosidade (Barret & Kohn, 1991; Charlesworth & Charlesworth, 1987). Estes autores, com base no trabalho de Nei *et al.* (1975), salientam que a quantidade da redução da heterozigosidade média por loco não depende apenas do tamanho do gargalo, mas também da taxa de cruzamento e crescimento da população. Caso esta cresça rapidamente a redução da heterozigosidade é mínima, mesmo que o número de fundadores seja pequeno. Em contraste, a perda do número médio de alelos por loco é profundamente afetada pelo tamanho do gargalo.

(1) Aceito para publicação em fevereiro de 2003.

(2) R. Carlos de Campos, 282, Alemães, 13416-395, Piracicaba, SP, Brasil.

(3) ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

Quando as populações são pequenas e isoladas umas das outras, a deriva genética terá influência dominante na estrutura genética. Quando as populações tornam-se pequenas (menos de 100 indivíduos) por um período de tempo longo, os efeitos da amostragem são cumulativos e as freqüências gênicas podem sofrer grandes flutuações em diferentes gerações (Barret & Kohn, 1991; Ellstrand & Ellan, 1993; Young *et al.*, 1993).

Outra consequência do gargalo genético é o excesso de heterozigotos, geralmente apresentado por locos seletivamente neutros, quando o tamanho efetivo de uma população é reduzido (Cornuet & Luikart, 1996). Neste caso, a heterozigosidade computada de amostras de freqüências gênicas é maior do que a heterozigosidade esperada para o número de alelos encontrados na amostra, se a população estiver em equilíbrio de mutação. Este excesso persistirá por apenas um certo número de gerações, até que o novo equilíbrio seja restabelecido (Cornuet & Luikart, 1996).

Este trabalho teve como objetivo estudar as perdas genéticas decorrentes do efeito gargalo. Para tanto, identificou-se uma população natural de *Chorisia speciosa*, onde 53 indivíduos foram mapeados e analisados por eletroforese de isoenzimas; em seguida, foram criadas artificialmente subpopulações, simulando diferentes intensidades de corte e comparadas as estimativas dos parâmetros genéticos entre as populações artificiais e a população original.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 A Espécie *Chorisia speciosa*

Foi adotada como espécie modelo *Chorisia speciosa* St. Hil (Bombacaceae) que se caracteriza por ocorrer naturalmente em baixa densidade, ser típica das florestas de planalto,

apresentar flores hermafroditas, polinização por animais e dispersão de sementes pelo vento (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994). Por não ter valor comercial, apenas uso ornamental, ocorre mesmo em fragmentos florestais pequenos. Em relação ao grupo ecológico, quanto à sucessão secundária, a espécie é considerada secundária tardia, possuindo crescimento rápido a moderado, se estabelece a pleno sol e tolera sombreamento no estádio de plântula (Carvalho, 1994). Suas populações abrangem principalmente as Florestas Mesófilas Semidecíduas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. É encontrada também na Argentina (Nordeste) e Paraguai (Centro e Leste) (Lorenzi, 1991; Carvalho, 1994).

O estudo do efeito do gargalo genético ou da redução drástica no tamanho da população consistiu na simulação de diferentes categorias de tamanho populacional, como segue:

Categoria I: simulou-se o corte de 75% das árvores, em que o reagrupamento dos dados resultou em quatro subpopulações, cada uma com 13 ou 14 árvores, ou seja, cada subpopulação representa 25% da população original. Esta categoria foi denominada Fr-25%.

Categoria II: simulou-se o corte de 50% das árvores, os dados foram reagrupados formando-se duas subpopulações, com 26 e 27 árvores cada. Esta categoria foi denominada Fr-50%.

Categoria III: simulou-se o corte seletivo de árvores com DAP igual ou maior do que 60 cm. Esta categoria denominou-se Cs ≥ 60.

A distribuição espacial destas subpopulações artificiais pode ser observada nas FIGURAS 1, 2 e 3.

SOUZA, L. M. F. I. de; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Conseqüências genéticas do efeito de gargalo em populações de *Chorisia speciosa* St. Hill.

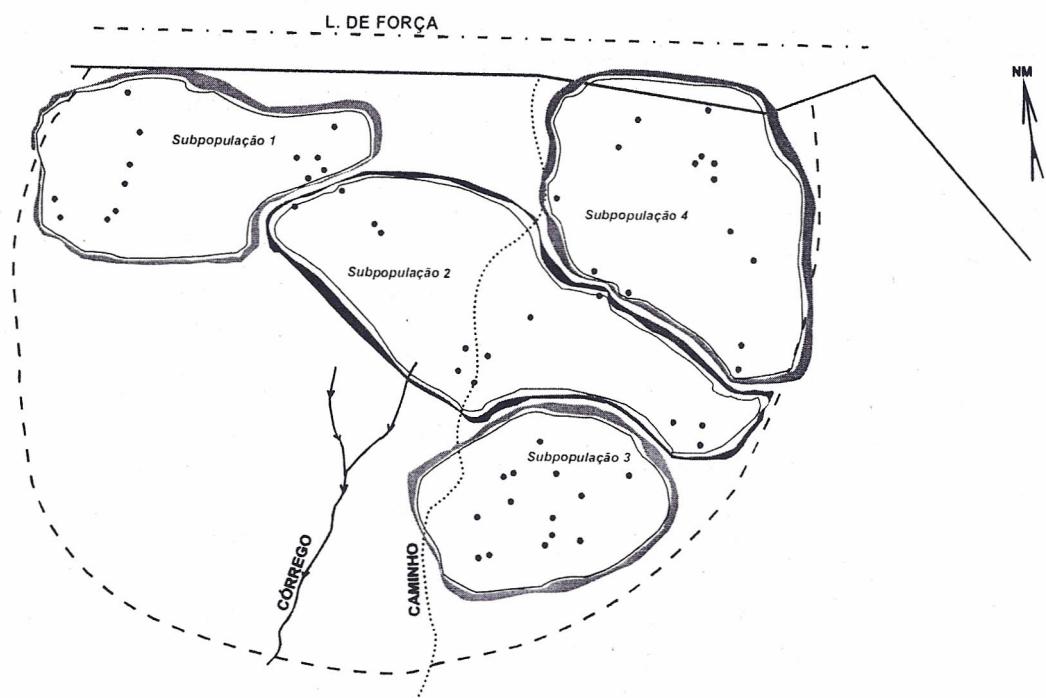


FIGURA 1 – Distribuição espacial das subpopulações de *C. speciosa* referente à categoria Fr-25%.

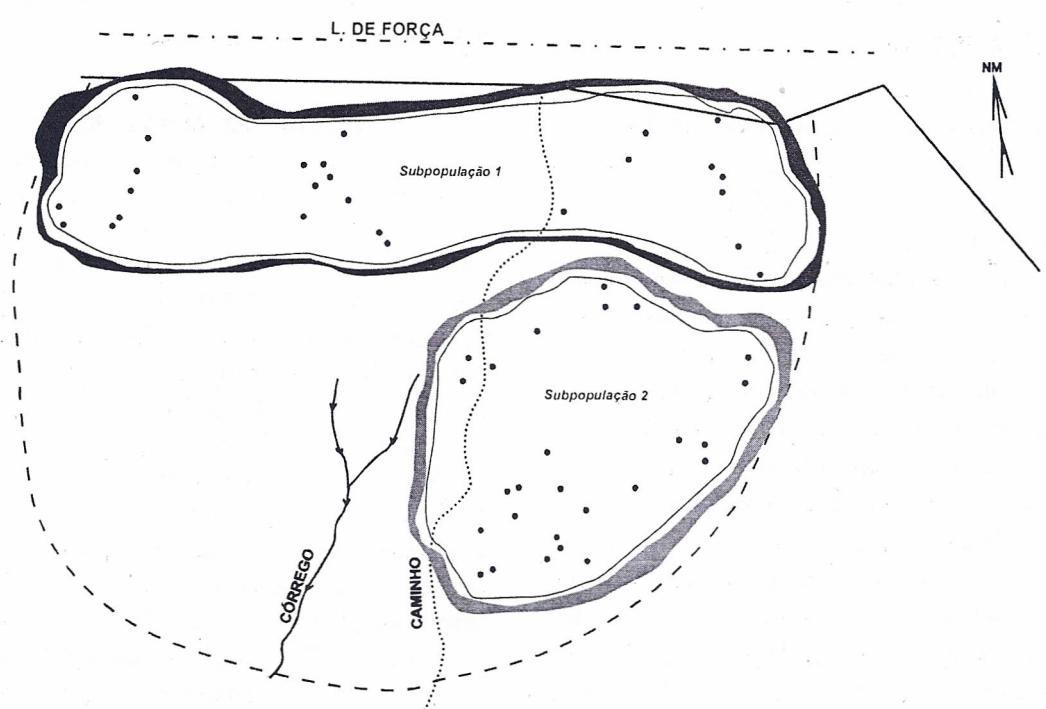


FIGURA 2 – Distribuição espacial das subpopulações de *C. speciosa* referente à categoria Fr-50%.

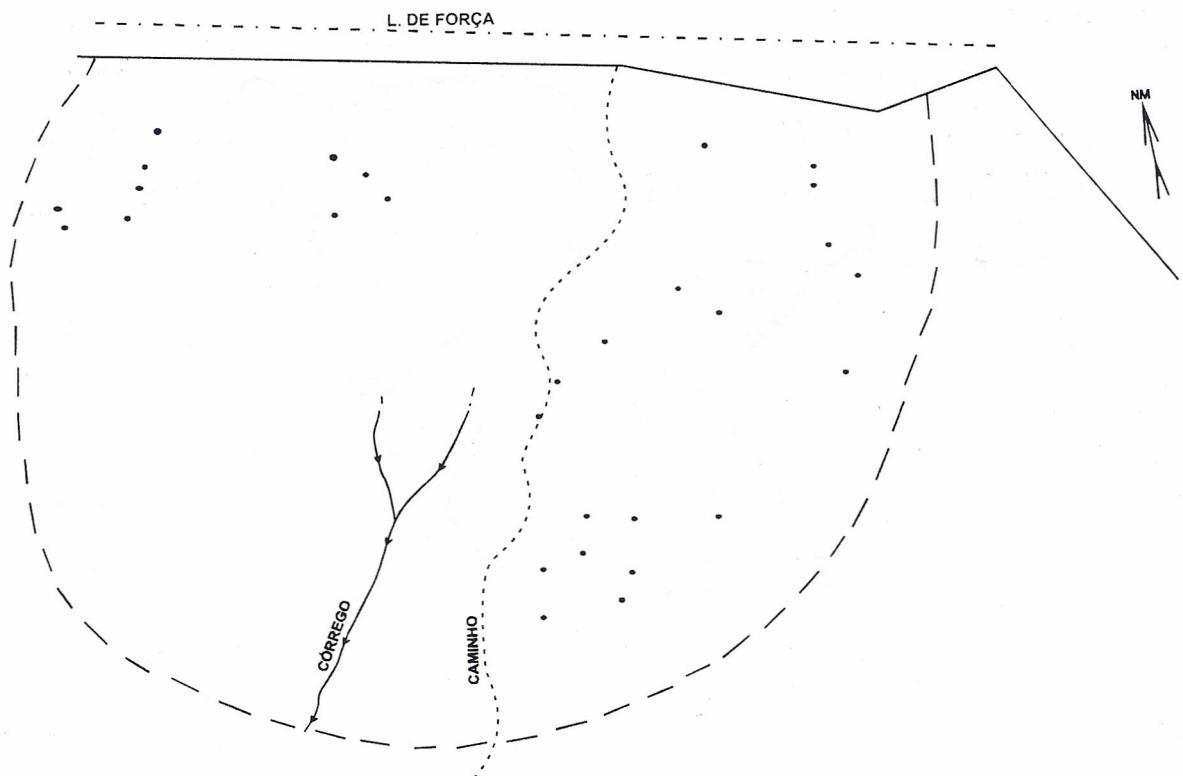


FIGURA 3 – Distribuição espacial das subpopulações de *C. speciosa* referente à categoria $Cs \geq 60$.

2.2 Local de Estudo

O estudo foi desenvolvido na Estação Ecológica de Bauru, pertencente ao Instituto Florestal, localizada nas coordenadas $22^{\circ}19'S$ e $49^{\circ}04'W$ e com área de 287,28 ha. A vegetação é caracterizada como Floresta Mesófila Semidescídua e encontra-se atualmente cercada por pastagens. O critério para seleção de tal área considerou o fato de ser uma unidade de conservação, protegida pelo Estado e que há mais de 30 anos não sofre qualquer modalidade de alteração. Em março de 1991 foram contadas as árvores da espécie que floresceram, o que permitiu conhecer o tamanho da população adulta reprodutiva, sendo identificados 92 indivíduos. Considerando este número, a densidade estimada para esta população seria de um indivíduo a cada dois hectares. Das 92 árvores da população, 53 tiveram folhas coletadas para análises de isoenzimas.

2.3 Análise de Isoenzimas

A partir de tecidos foliares saudáveis foram extraídas seis enzimas, absorvidas em papel de filtro e inseridas em gel de amido (12,5%) para eletroforese. A solução de extração utilizada consistiu em (para 100 ml de volume): 0,60 g fosfato de sódio bibásico pH 7,5 (0,034 M); 7 g de sacarose; 2,56 g de PVP-40; 50 mg de DTT (3 mM); 100 mg de DIECA (5,8 mM) e 0,2 ml de 2-mercaptoethanol (0,2%). A maceração foi feita com nitrogênio líquido. O tampão de gel e cuba utilizado foi citrato de morfolina, pH 6,1 (Alfenas, 1998). As enzimas utilizadas foram: leucina aminopeptidase (LAP - E.C.3.4.11.1); xiquimato desidrogenase (SKDH - E.C.1.1.1.25); malato desidrogenase (MDH - E.C.1.1.1.37); peroxidase (PO - E.C.1.11.1.7); fosfogluco isomerase (PGI - E.C.5.3.1.9); fosfoglucomutase (PGM - E.C.5.4.2.2). Os procedimentos eletroforéticos completos estão descritos em Souza (1997). Estas enzimas forneceram nove locos, sendo dois monomórficos e sete polimórficos.

2.4 Análise dos Dados

A diversidade genética foi medida pelos índices: número médio de alelos por loco (\hat{A}), porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}), heterozigosidade observada (\hat{H}_o) e heterozigosidade esperada em Equilíbrio de Hardy-Weinberg (\hat{H}_e) e índice de fixação intrapopulacional (\hat{F}). Também foram estimadas as freqüências alélicas nas populações. As estimativas dos índices de diversidade e as freqüências alélicas foram obtidas com o auxílio do programa BIOSYS (Swofford & Selander, 1989). O índice de fixação médio dentro das subpopulações (\hat{f}) e para o conjunto total das subpopulações (\hat{F}), bem como a distribuição da

diversidade genética entre subpopulações ($\hat{\theta}_p$) foram estimados com base em Weir (1996), utilizando o programa GDA de Lewis & Zaykin (1999). O programa também estimou a significância dos valores médios dos índices de fixação (\hat{f} e \hat{F}) e do coeficiente de coancestria ($\hat{\theta}_p$), por reamostragem *bootstrap*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices de diversidade genética estimados para as três categorias de gargalo genético são Fr-25%, Fr-50% e Cs ≥ 60 , conforme descrito no item 2.4 (TABELA 1). Os valores entre parênteses correspondem aos desvios padrões.

TABELA 1 – Tamanho da amostra (n), número médio de alelos por loco (\hat{A}), porcentagem de locos polimórficos a 95% de probabilidade (\hat{P}), heterozigosidade observada (\hat{H}_o), heterozigosidade esperada (\hat{H}_e), número total de alelos (na) e índice de fixação (\hat{F}), para população (PO) e subpopulações fragmentadas (Subp.), em *C. speciosa*.

PO	Fr-25%				Fr-50%		Cs ≥ 60	
	Subp.-1	Subp.-2	Subp.-3	Subp.-4	Subp.-5	Subp.-6	Subp.-7	
n	52	13	13	14	13	26	27	29
\hat{A}	2,22 (0,32)	1,78 (0,32)	2,22 (0,32)	2,00 (0,29)	2,11 (0,31)	2,22 (0,32)	2,22 (0,32)	2,11 (0,31)
\hat{P}	77,78	55,56	77,78	77,78	77,78	77,78	77,78	77,78
\hat{H}_o	0,244 (0,068)	0,226 (0,103)	0,263 (0,070)	0,243 (0,061)	0,240 (0,079)	0,253 (0,070)	0,248 (0,066)	0,236 (0,067)
\hat{H}_e	0,284 (0,074)	0,227 (0,093)	0,321 (0,076)	0,265 (0,075)	0,296 (0,070)	0,278 (0,070)	0,294 (0,074)	0,294 (0,075)
na	20	16	20	18	19	19	20	19
\hat{F}	0,140*	0,003 ^{ns}	0,188 ^{ns}	0,087 ^{ns}	0,199 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,156 ^{ns}	0,197 ^{ns}

(*) $P < 0,05$.

() Desvio padrão.

(ns) Não significativo.

Não foram detectadas diferenças significativas entre os valores estimados entre as subpopulações fragmentadas, a julgar pelo desvio padrão das estimativas. A grande magnitude dos erros está associada ao pequeno tamanho amostral; aparentemente a Subp.-1 mostrou os menores valores para os índices \hat{A} (1,78), \hat{P} (55,6%), \hat{H}_o (0,226) e \hat{H}_e (0,227), sugerindo que esta subpopulação deve comportar menores níveis de diversidade genética comparada às outras. Em contraste, a Subp.-2 apresentou os maiores valores de \hat{H}_o e \hat{H}_e , respectivamente: 0,263; 0,321 e manteve os 20 alelos observados na PO, indicando que este remanescente conservou a diversidade genética original.

O índice de fixação (\hat{F}) flutuou entre as diferentes categorias de gargalo, porém, apenas a população original apresentou endogamia significativa. A ausência de significância para os altos valores de \hat{F} na Subp.-2, Subp.-4, Subp.-6 e Subp.-7, provavelmente, esteja associada ao pequeno tamanho amostral (< 30 indivíduos). Por outro lado, em uma situação real, seria esperado o aumento da endogamia com o passar das gerações, devido ao acúmulo de endogamia entre diferentes gerações e aumento do parentesco interno nas subpopulações, ainda mais considerando que *C. speciosa* pode apresentar sobreposição de gerações, devido à sua natureza perene.

Os índices de diversidade estimados para todas as subpopulações refletiram pouco as perdas genéticas comparadas à população original (PO). Segundo Futuyma (1992) e Barret & Kohn (1991), a perda efetiva de alelos concentra-se naqueles de caráter mais raro e que contribuem com pouco peso para estimar as heterozigosidades. Por exemplo, considere um caso hipotético de um loco qualquer com três alelos em duas populações. Na primeira, suponha que existem três alelos, sendo dois comuns com freqüência de 0,5 e 0,45 e um raro com freqüência igual a 0,05. Neste caso a heterozigosidade esperada em condições de Equilíbrio de Hardy-Weinberg seria igual a 0,545 [$H_e = 1 - (0,5^2 + 0,45^2 + 0,05^2)$]. Na segunda, suponha que o alelo raro foi perdido e os demais têm freqüência similar, por exemplo, 0,5.

Neste caso a heterozigosidade esperada seria igual a 0,500 [$\hat{H}_e = 1 - (0,5^2 + 0,5^2)$]. Verifica-se assim, que a perda do alelo raro contribuiu pouco para a estimativa da heterozigosidade esperada, confirmando as previsões teóricas. Por sua vez, Maruyama & Fuerst (1985) afirmam que as populações que sofrem restrição repentina de seu tamanho populacional, apresentam perda de alelos raros mais rapidamente que a perda da heterozigosidade.

Para melhor caracterizar a diferença entre as populações, foi construída a TABELA 2, que fornece as freqüências alélicas, número de alelos perdidos e locos fixados para cada subpopulação, para as três categorias, conforme descrito no item 2.4. Os alelos comuns sofreram pequenas oscilações em suas freqüências entre as diferentes subpopulações. As maiores oscilações de freqüências alélicas são observadas para os alelos de baixa freqüência, por exemplo, alelo 2 no loco Skdh-1, alelo 4 no loco Pgi-1, alelo 3 no loco Pgm-1. Isto indica uma maior susceptibilidade à perda destes tipos de alelos. Foram perdidos alelos em todas as subpopulações simuladas, exceto nas Subp.-2 e Subp.-6. Nas subpopulações: Subp.-1, Subp.-3 e Subp.-4 perderam-se respectivamente quatro, dois e três alelos; na Subp.-5 e na Subp.-7 perdeu-se um alelo. Os alelos perdidos pertencem a classe de alelos raros (Mdh-3, alelo 3) ou medianamente raros (Skdh-1, alelo 2). Estudos em espécies arbóreas, avaliando alterações nas freqüências alélicas por intervenção antrópica, também têm detectado a perda de alelos com a restrição nos tamanhos populacionais. Mori (1993), estudando diferentes intensidades de seleção em clones de *Eucalyptus grandis*, observou a perda de alelos de freqüência inferior a 5%, quando a intensidade de seleção era de 40% e de alelos com freqüência inferior a 17%, quando a intensidade de seleção utilizada era de 17%. Hamrick (1991), comparando 16 populações naturais de *Pinus taeda* com 2 pomares de sementes melhoradas, observou a perda de aproximadamente 40% dos alelos raros com a seleção. Sebbenn *et al.* (2000), estudando os efeitos do manejo em populações de *Tabebuia cassinoides*, observaram que a redução no tamanho populacional levava a perda de alelos raros (< 5%). Tais resultados mostram que a perda de alelos de baixa freqüência é tanto maior quanto maior for a redução do tamanho populacional.

TABELA 2 – Freqüências alélicas, número de alelos perdidos e número de alelos fixados nas populações de *C. speciosa* agrupadas em 3 categorias de fragmentação (Fr).

Loco	Alelo	PO	Fr - 25%				Fr - 50%		Cs ≥ 60	
			Subp.-1	Subp.-2	Subp.-3	Subp.-4	Subp.-5	Subp.-6	Subp.-7	
Skdh-1	1	0,845	1,000	0,750	0,909	0,727	0,795	0,900	0,761	
	2	0,155	–	0,250	0,091	0,273	0,200	0,100	0,239	
Pgi-1	1	0,490	0,462	0,500	0,462	0,550	0,500	0,480	0,538	
	2	0,281	0,231	0,292	0,346	0,250	0,239	0,320	0,250	
	3	0,156	0,154	0,167	0,154	0,150	0,152	0,160	0,135	
	4	0,073	0,154	0,042	0,038	0,050	0,109	0,040	0,077	
Pgm-1	1	0,837	0,923	0,708	0,893	0,808	0,846	0,827	0,804	
	2	0,096	0,077	0,167	0,107	0,038	0,058	0,135	0,107	
	3	0,067	–	0,125	–	0,154	0,096	0,038	0,089	
Mdh-3	1	0,872	0,917	0,885	0,857	0,813	0,875	0,870	0,904	
	2	0,117	0,083	0,077	0,143	0,188	0,125	0,111	0,060	
	3	0,011	–	0,038	–	–	–	–	0,019	
Per-1	1	0,660	0,538	0,542	0,731	0,833	0,740	0,580	0,635	
	2	0,340	0,462	0,458	0,269	0,167	0,260	0,420	0,365	
Per-2	1	0,429	0,583	0,250	0,542	0,346	0,440	0,417	0,420	
	2	0,571	0,417	0,750	0,458	0,654	0,560	0,583	0,580	
Lap-1	1	0,091	–	0,125	0,083	0,100	0,100	0,083	0,118	
	2	0,909	1,000	0,875	0,917	0,900	0,900	0,917	0,882	
Alelos perdidos			4	0	2	1	1	0	1	
Alelos fixados			2	0	0	0	0	0	0	

Essa perda poderia ser entendida como significativa, quando se constata que em uma das subpopulações perdeu-se 20% dos alelos (Subp.-1). A perda drástica de variação genética também pode ser evidenciada na fixação de locos. Observa-se que na Subp.-1 dois locos tiveram seus alelos fixados (Skdh-1 e Lap-1), além daqueles já fixados na população original (Mdh-1 e Mdh-2). Nei *et al.* (1975) discutem que a quantidade de perda de

heterozigosidade devido ao efeito de gargalo depende não somente do tamanho do gargalo, mas também das taxas de crescimento populacional após este evento, enquanto a perda de alelos depende largamente do tamanho do gargalo. Os dados de *C. speciosa* mostram que as maiores perdas de alelos ocorreram quando se eliminou 75% da população, ou seja, quando a população foi drasticamente reduzida, em concordância com as previsões teóricas.

A estimativa do índice de fixação para o total das subpopulações (\hat{F}) confirma o valor do índice de fixação da população (TABELA 3), em torno de 0,140. As diferenças encontradas devem-se às aproximações intrínsecas no cálculo de cada categoria. A subdivisão não provocou diferença significativa entre as subpopulações para as duas categorias de fragmentação ($\hat{\theta}_p$). A redução no tamanho populacional levou à perda de alelos de baixa freqüência, e como estes contribuem pouco para a medida de divergência

genética entre subpopulações, a deriva genética não teve expressão nesta estimativa. Contudo, a maior divergência genética entre subpopulações foi observada quando a população foi fragmentada em 25% ($\hat{\theta}_p = 0,014$), mostrando que a redução de 1/4 do tamanho populacional causou divergência entre populações por deriva genética. Quando a população foi fragmentada em 50% o índice $\hat{\theta}_p$ assumiu valor negativo, demonstrando ausência de diferenciação entre subpopulações.

TABELA 3 – Índice de fixação para a média das subpopulações (\hat{f}), total das subpopulações (\hat{F}) e divergência genética entre subpopulações ($\hat{\theta}_p$) de *C. speciosa* agrupadas em duas categorias de fragmentação.

Locos	Fr-25%			Fr-50%		
	\hat{f}	\hat{F}	$\hat{\theta}_p$	\hat{f}	\hat{F}	$\hat{\theta}_p$
Skdh-1	-0,057	0,030	0,083	-0,008	-0,027	-0,019
Pgi-1	0,011	-0,020	-0,032	-0,032	-0,051	-0,018
Pgm-1	0,122	0,141	0,021	0,347	0,335	-0,018
Mdh-3	-0,107	-0,128	-0,020	-0,083	-0,083	0,005
Per-1	0,178	0,216	0,046	0,189	0,191	0,002
Per-2	0,405	0,431	0,044	0,405	0,388	-0,028
Lap-1	0,311	0,270	-0,059	0,542	0,519	-0,049
Média	0,130*	0,143*	-0,014 ^{ns}	0,178*	0,164*	-0,017*

(*) $P < 0,05$.

(ns) Não significativo pelo teste de qui-quadrado.

4 CONCLUSÕES

1. A simulação de diferentes tamanhos de gargalo genético em população de *Chorisia speciosa* mostrou perda, fixação e oscilação nas freqüências de alelos raros.
2. A simulação de diferentes tamanhos de gargalo teve pouco efeito na medida de divergência genética entre subpopulações, sugerindo que a perda de alelos raros tem pouco efeito na diferenciação entre subpopulações.
3. A perda de alelos raros por deriva genética não se refletiu nos índices, porcentagem de locos polimórficos, heterozigosidade observada e heterozigosidade esperada em Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins:** fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 574 p.
- BARRET, S. C. H.; KOHN, J. R. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In: FALK, D. A.; HOLINGER, K. E. (Ed.). **Genetics and conservation of rare plants.** Oxford: Oxford University Press, 1991. p. 3-30.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA/CNPF; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

SOUZA, L. M. F. I. de; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Consequências genéticas do efeito de gargalo em populações de *Chorisia speciosa* St. Hill.

CAVASSAN, O. Levantamento fitossociológico da vegetação arbórea da mata da Reserva Estadual de Bauru utilizando o método dos Quadrantes. 1982. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

CHARLESWORTH, D.; CHARLESWORTH, B. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, Davis, v. 18, p. 237-68, 1987.

CORNUET, J. M.; LUIKART, G. Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency date. *Genetics*, Baltimore, n. 144, p. 2001-2014, 1996.

ELLSTRAND, N. C.; ELLAN, D. R. Population genetic consequences of small population size: implication for plant conservation. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, Davis, v. 24, p. 217-42, 1993.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.

HAMRICK, J. L. Allozyme diversity of natural stands versus seed orchard Loblolly Pine. In: TWENTY THIRD MEETING AND ACTIVITY REPORTS OF THE CANADIAN TREE IMPROVEMENT ASSOCIATION, 1991, Ottawa. *Proceedings...* 21 p.

SOUZA, L. M. I. Estrutura genética de populações naturais de *Chorisia speciosa* St Hil. em fragmentos florestais na região de Bauru (SP) - Brasil. 1997. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LEWIS, P. O.; ZAYKIN, D. **Genetic date analysis**: computer program for the analysis of allelic date. Ver. 1.0 for Windows 3.1. Albuquerque: University of New Mexico. Disponível em: <<http://alleyn.eeb.uconn.edu/gda/>>. Acesso em: 15 ago. 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

MARUYAMA, T.; FUERST, P. A. Population bottlenecks and nomequilibrium models in population genetics. II number of alleles in a small population that was formed by a recent bottleneck. *Genetics*, Baltimore, v. 111, p. 675-689, 1985.

MORI, E. S. Variabilidade genética isoemzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção. 1993. 118 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba,

NEI, M.; MARUYAMA, T.; CHAKRABORTY, R. The bottleneck effect and genetic variability in population. *Evolution*, Lawrence, v. 29, p. 1-10, 1975.

SEBBENN, A. M. et al. Efeitos do manejo florestal sobre a estrutura genética de Caixeta - *Tabebuia cassinoides*, no Vale do Ribeira, SP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 58, p. 127-143, 2000.

SWOFFORD, D. L.; SELANDER, R. B. BIOSYS-1. A FORTRAN computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics. *Journal of Heredity*, Cary, v. 72, p. 282-283, 1989.

WEIR, B. S. **Genetic data analysis II. Methods for discrete population genetic data**. Sunderland: North Caroline State University, Sinauer Associates, 1996. 445 p.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, A. D. H. The population genetics consequences of habitat fragmentation for plants. *Tree*, Victoria, v. 11, n. 10, p. 413-18, 1996.

YOUNG, A. G.; MERRIAN, H. G.; WARWICK, S. I. The effects of forest fragmentation on genetic variation in *Acer saccharum* Marsh. (sugar maple) population. *Heredity*, Oxford, n. 71, p. 277-289, 1993.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS SOLOS PRÓXIMOS À RODOVIA FERNÃO DIAS, PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA, SP*

Maria Isabel VALLILO**
Elisabeth de OLIVEIRA***

RESUMO

Com o objetivo de caracterizar fisico-quimicamente e avaliar possível contaminação por elementos inorgânicos em solos sob influência da duplicação da rodovia Fernão Dias, Parque Estadual da Cantareira, SP, amostras coletadas em 11 pontos diferentes nos horizontes A (0-20 cm) e B (20-40 cm), foram submetidas à digestão ácida (HNO_3 conc.) assistida por radiação de microondas em sistema fechado. As concentrações parciais dos metais analisados (18) foram determinadas por espectrometria de emissão ótica com fonte de plasma de argônio induutivo (ICP-OES). Observou-se grande variabilidade nos teores dos elementos, sendo que as maiores concentrações foram encontradas para Ca, Mg, Al, Fe, Zn e Ba. O solo, com altos teores de argila (64%) e de areia (22%), apresentou íons de Cu^{2+} e Ni^{2+} , acima dos limites estabelecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, implicando em uma possível fitotoxicidade. Um dos solos mostrou-se menos ácido ($\text{pH} = 5,7$) e com maior teor de silte (21%), em comparação com os demais, influenciando na retenção dos elementos K, Mg, Al, Ca, Ti, Fe, Zn e Ba.

Palavras-chave: solo; elementos inorgânicos; digestão ácida; ICP-OES; Parque Estadual da Cantareira.

1 INTRODUÇÃO

O Parque Estadual da Cantareira constitui-se em uma das maiores áreas de mata tropical situada dentro de uma metrópole, a cidade de São Paulo. Ocupa uma área de 7.900 hectares, abrangendo trechos dos municípios de Guarulhos, Caeiras e Mairiporã e é enriquecida com formações vegetais típicas de Mata Atlântica, caracterizada por grande diversidade de espécies vegetais. Apresenta um relevo ondulado montanhoso, na faixa de 850 a 1200 m de altitude e está localizado ao norte da cidade de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23°22' de latitude Sul (S) e 46°25' de longitude Oeste (W).

ABSTRACT

Soils physical-chemical characterization and evaluation of possible inorganic elements contamination in soils, under influence of duplication of the Fernão Dias highway, Cantareira State Park, SP, were the aim of this study. Samples collected in 11 different points, in the horizons A (0-20 cm) and B (20-40 cm), were submitted to acid digestion (HNO_3 conc.) assisted by microwave using closed system. The partial concentrations of the analyzed metals (18) were determined by inductively coupled argon atomic emission spectrometry (ICP-OES). Great variability was observed in the amount of the elements, and higher concentrations were found for Ca, Mg, Al, Fe, Zn and Ba. The soils samples presented different behavior from the other soils, due to the highest clay (64%) and sand (22%) amount presenting Cu^{2+} and Ni^{2+} levels above the limits established by CETESB, implying in a possible phytotoxicity. One soil showed less acidity contend ($\text{pH} = 5,7$) and higher amount of silt (21%) than the other samples influencing the retention of K, Mg, Al, Ca, Ti, Fe, Zn and Ba.

Key words: soils; inorganic elements; acid digestion; ICP-OES; Cantareira State Park, SP.

Na classificação do solo podem-se distinguir os tipos Podzólico Vermelho Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho Amarelo (PVL I e II) com profundidade média de 1 m e textura argilo-arenosa; também o Latossolo Vermelho Amarelo "intergrade" para Podzólico Vermelho Amarelo (LVP) e, Solos Aluviais (A) (Pfeifer *et al.*, 1981/82).

Com a recente duplicação da rodovia Fernão Dias que atravessa o Parque, alterações nesse ecossistema poderão ocorrer. Constituintes químicos, tóxicos ou não, serão gerados por veículos automotivos, pelo desgaste da pavimentação, pelo transporte e por possível vazamento de cargas tóxicas, além da deposição de material particulado da atmosfera.

(*) Convênio DER/IF/FF. Parte do trabalho apresentada no 11º Encontro Nacional de Química Analítica, realizado em Campinas-SP, no período de 18 a 21 de setembro de 2001, e aceito para publicação em março de 2003.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: vallilo@uol.com.br

(***) Universidade de São Paulo, Instituto de Química, Caixa Postal 26077, 05599-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: edoliveir@quim.iq.usp.br

Bosmans & Paenhuys (1980) citam que a distribuição natural dos elementos químicos sobre a superfície terrestre é resultado de múltiplos fatores geoquímicos, porém, as atividades humanas como extração, fundição e refinamento de minérios, bem como atividades agrícolas e industriais, águas de irrigação e resíduos sólidos tendem a aumentar a concentração de metais pesados na atmosfera e, por conseguinte, no meio ambiente. Sob este ponto de vista, podemos dizer que a atmosfera urbana é uma mistura complexa de material particulado e de espécies químicas na suas mais variadas formas, como o peroacetil nitrato (PAN), o ozônio (O_3), os óxidos de nitrogênio e enxofre (NO_x e SO_x), principais formadores da chuva ácida responsável pela degradação de uma série de receptores como: seres humanos, solos, plantas, animais, sistemas aquáticos, obras de arte, edificações e muitos outros (Miguel, 1992).

Por outro lado, um grupo importante de poluentes é o de metais pesados, pertencente ao grupo químico de transição e não transição da tabela periódica, sendo considerados como os principais contaminantes no solo, os elementos: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn e Hg. No entanto, a disponibilidade desses elementos para as plantas depende, entre outros fatores, das características físico-químicas do solo. Nesse contexto, Garotti (1992) destaca a propriedade de determinados solos de se comportarem como um excelente trocador iônico, fato esse explicado pelo excesso de cargas, em geral negativas, na superfície das partículas do solo. Essas cargas são neutralizadas por íons de cargas contrárias, formando uma camada de adsorção, mantidas pela atração de cargas elétricas.

Outros componentes também são responsáveis pela retenção e/ou troca iônica como a matéria orgânica, húmus, minerais de argila e óxidos de Fe, Al e Mn (Raij *et al.*, 2001). O processo de lixiviação dos íons através do solo está associado a esse mecanismo de retenção, expresso pela capacidade de troca catiônica (C.T.C.) e pelo pH do solo.

Segundo McBride (2001) solos úmidos, ácidos e oxidantes aumentam a mobilidade dos elementos como Cd (Cd^{+2}) e Zn (Zn^{+2}). Atribuiu, o mesmo autor, a alta mobilidade ao fato de que esses íons adsorvem fracamente à matéria orgânica, silicatos e óxidos presentes nos solos. No entanto, em pH próximo ao neutro e/ou maior que 7, precipitam-se na forma de $CdCO_3$ e/ou $Cd_3(PO_4)_2$ e $ZnCO_3$ e/ou $Zn_3(PO_4)_2$, respectivamente, ocasionando diminuição de sua mobilidade.

Por outro lado, os íons Cu^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} e Ni^{2+} podem precipitar com sulfetos presentes no solo na forma de Cu_2S , CuS , PbS e NiS insolúveis, limitando, dessa forma, a sua biodisponibilidade. Dentre os elementos citados, o Pb^{2+} é o mais retido, portanto o menos móvel, especialmente em condições redutoras.

Estudo realizado por Matos *et al.* (1996) avaliou a mobilidade e as formas de retenção dos metais Cd, Zn, Cu e Pb nos horizontes de um latossolo vermelho-amarelo identificando a seguinte seqüência de mobilidade: $Zn > Cd > Pb > Cu$. A retenção de Cd e Zn na fração trocável foi relevante para os horizontes A, B e C desse solo. O Cu e o Pb estiveram mais associados às frações residuais, orgânicas e oxídicas. Concluiu que a retenção de metais na fase trocável é um indicativo de biodisponibilidade e da capacidade de lixiviação e que os resultados obtidos permitiram identificar que entre os metais estudados, o Cd e o Zn são os elementos que apresentam um maior risco para a cadeia biológica e águas subterrâneas, ao contrário do Pb.

Estudos realizados em regiões situadas entre Suíça e Alemanha (Bacia do Reno) por Stigliani *et al.* (1993) indicam que os elementos Cd, Pb e Zn são as espécies mais representativas da poluição atmosférica e que estão ligados às atividades de produção de ferro e aço.

Outros materiais utilizados na Alemanha para a produção de energia calorífica e considerados fontes de emissão de Cd e Zn são o carvão vegetal e o óleo combustível. O carvão contém de 0,5 a 1 ppm de Cd e de 10 a 20 ppm de Zn. Os teores desses metais no óleo são de uma ordem de grandeza menor. As emissões dessas fontes são significativas nessa região devido ao enorme volume de carvão e óleo consumidos. Em meados de 1960, estimou-se que a contribuição por ano foi de 50 toneladas de Cd (20% de emissão total de poluentes) e de 740 toneladas de Zn (5% de emissão de Zn total), segundo Stigliani *et al.* (1993).

Bosmans & Paenhuys (1980) analisando 224 amostras de solo de floresta em área situada na cidade de Kempen, Bélgica, e 214 amostras de solos de campos agricultáveis, abrangendo 4.000 km², encontraram valores semelhantes tanto para os solos de floresta como para os de campo, em relação aos elementos Zn e Cd, mas bastante elevados para o Cu em solos de floresta e, duas vezes mais elevado para o Pb, quando comparado com solos agricultáveis. Atribuíram esses valores às fontes poluidoras como metalurgia de metais não ferrosos.

Como parte complementar do projeto “A evolução do uso e ocupação da terra na área sob influência da duplicação da rodovia Fernão Dias”, o presente trabalho visa caracterizar quimicamente o solo, quanto ao aporte de metais, em 11 pontos de coleta sob influência da duplicação da rodovia Fernão Dias, no Parque Estadual da Cantareira, SP e, avaliar possível contaminação química por metais pesados. Os resultados obtidos contribuirão para a formação de um banco de dados e servirão como parâmetros de referência para um futuro monitoramento da área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de solos em 11 pontos nas áreas de influência da duplicação da rodovia Fernão Dias, dentro do Parque Estadual da Cantareira, abrangendo a Av. Sezefredo Fagundes (pontos de 1 a 5) com extensão de 10.510 m; a rodovia Fernão Dias (pontos de 6 a 8) com extensão de 14.479 m e a Av. Nova Cantareira (pontos de 9 a 11) com extensão de 8.899 m (FIGURA 1).

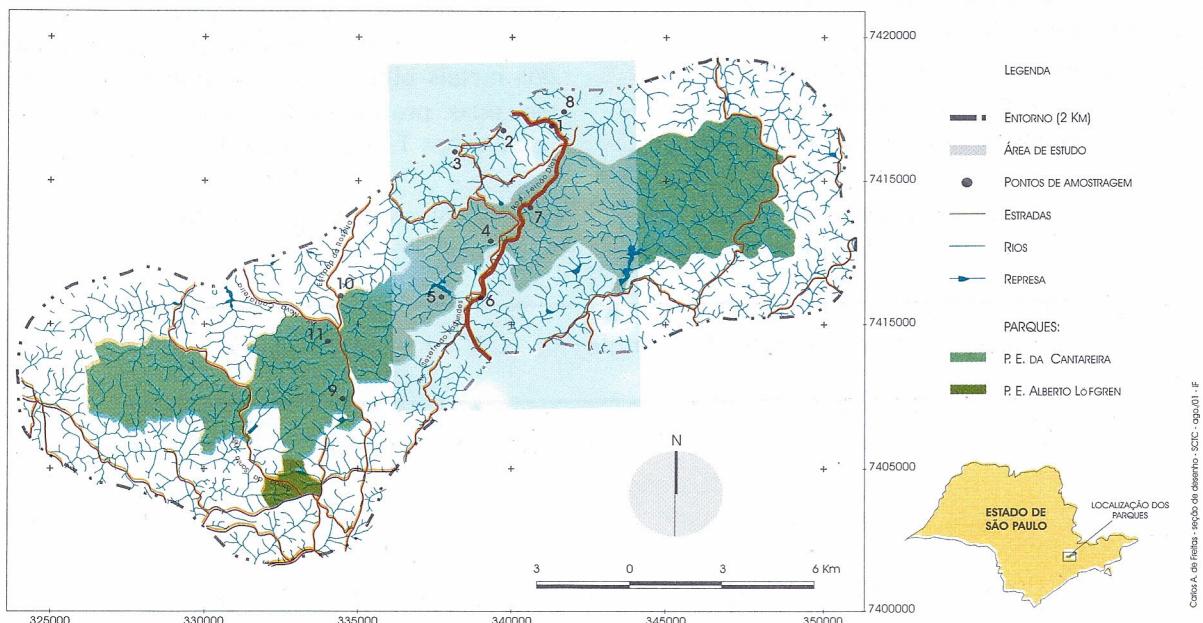


FIGURA 1 – Localização dos pontos de coletas no Parque Estadual da Cantareira, São Paulo.

As coletas foram realizadas com o auxílio de trado de aço inoxidável nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. As amostras de solos foram armazenadas em sacos de polietileno transparente, previamente descontaminados com solução nítrica a 1%, para posterior secagem à temperatura ambiente e homogeneização em peneiras de 200 mesh de abertura.

Nas amostras dos horizontes A (0-20 cm) e B (20-40 cm) foram determinados nas soluções dos solos os elementos Na, Si, Al, Cr, Ba, Ca, Ni, Cu, Mn, Zn, As, Se, Cd, Pb, Mg, Ca, K, Fe e Ti. Os teores de areia, silte, argila, capacidade de troca catiônica, matéria orgânica e pH foram determinados somente na profundidade de 0-20 cm, segundo técnicas descritas por Raij *et al.* (2001) e pelo Manual de Métodos de Análises de Solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1997).

Para as determinações das concentrações parciais dos elementos químicos, 0,5 g de solo dos dois horizontes foram tratados com 10 mL de ácido nítrico conforme a metodologia EPA 3051 relatada por Hewitt & Reynolds (1990). Os elementos foram determinados pela técnica da espectrometria de emissão ótica acoplada ao plasma indutivamente (ICP-OES), usando o equipamento Spectroflame Modulada Spectro Co. operando com a potência de 1,2 kW; fluxo de argônio refrigerante, auxiliar e carregador de 12 L.min⁻¹; 1,2 L.min⁻¹ e 1,0 mL.min⁻¹, respectivamente, e introdução da amostra de 1,5 mL.min⁻¹.

Todo o protocolo analítico foi feito em triplicatas.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente através do programa computacional “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) para Windows (Norusis, 1996).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados analíticos mostraram que o solo é ácido, estando numa faixa de pH de 3,3 a 5,7 nos 11 pontos coletados para os horizontes A e B (TABELA 1). Verificou-se que, para cada ponto de coleta, os perfis das variações das concentrações dos elementos foram semelhantes, com exceção dos pontos 3 e 8. No ponto 3, verificou-se um menor teor de areia (22%), uma maior porcentagem de argila (64%), maior capacidade de troca catiônica (30) e acidez equivalente a pH = 4,1, enquanto no ponto 8, obteve-se um maior teor de areia (48%), silte (21%) e menor acidez (pH = 5,7).

De acordo com Malavolta (1980) a faixa de pH no solo onde há máxima disponibilidade de

elementos para as plantas, situa-se entre o pH = 6,0 e 7,0, o que implica em condições favoráveis para as plantas. Por outro lado, McBride (1994) salienta que valores de pH inferiores a 5,0 ou 5,5 aumentam os níveis solúveis de certos metais, principalmente de Al^{3+} e Mn^{2+} , podendo ser encontrados nas formas biologicamente tóxicas. Valor de pH acima de 7, freqüentemente está associado a muito pouca solubilidade dos elementos, como por exemplo, o íon Zn^{2+} . Dessa maneira, a acidez do solo condiciona processos como: dissolução/precipitação, redução/oxidação, adsorção/desorção, reações de troca iônica e o de complexação.

Os resultados das concentrações parciais dos metais obtidos nas amostras dos 11 pontos e nas duas profundidades analisadas encontram-se listados nas TABELAS 2 e 3.

TABELA 1 – Características físico-químicas dos solos do Parque Estadual da Cantareira no horizonte A (0-20 cm).

Locais	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	C.T.C*	pH**	M.O. (%)***
1A	56	16	28	18	4,1	4,5
2A	56	14	30	24	4,4	5,4
3A	22	16	64	30	4,1	6,4
4A	39	20	41	23	3,6	6,2
5A	41	13	46	26	3,4	6,7
6A	48	18	34	21	3,7	5,5
7A	53	10	37	24	3,3	6,4
8A	48	21	31	24	5,7	6,5
9A	56	8	36	27	3,7	6,7
10A	55	11	34	22	3,7	6,4
11A	45	14	41	22	3,7	5,6

(*) Capacidade de troca catiônica.

(**) Solução do solo/KCl na proporção de 1:25.

(***) Matéria orgânica.

VALLILO, M. I.; OLIVEIRA, E. de. Caracterização fisico-química dos solos próximos à rodovia Fernão Dias, Parque Estadual da Cantareira, SP.

TABELA 2 - Teores dos macro-elementos nas profundidades de 0-20 e de 20-40 cm no Parque Estadual da Cantareira, SP expressos em mg.Kg⁻¹ de solo e respectivos desvios padrão (n = 3).

Amostras	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
1A	397 ± 6	2232 ± 70	38990 ± 534	103 ± 1,5	2295 ± 1	872 ± 7	1299 ± 30	537 ± 4,2	23466 ± 215
2A	145 ± 3	2305 ± 28	22509 ± 130	94,9 ± 1,6	2242 ± 26	256 ± 5	2010 ± 100	447 ± 4,9	22170 ± 62
3A	83,8 ± 2,5	328 ± 21	36131 ± 579	103 ± 1,2	185 ± 1	257 ± 6	7798 ± 178	1152 ± 18	81133 ± 606
4A	27,2 ± 2,3	244 ± 11	21271 ± 371	246 ± 38	301 ± 1	141 ± 2	955 ± 4	52,6 ± 0,6	37451 ± 343
5A	555 ± 3	389 ± 33	36302 ± 72	144 ± 20	438 ± 6	227 ± 2	1197 ± 21	115 ± 1,0	30702 ± 375
6A	586 ± 6	407 ± 20	17121 ± 267	95,5 ± 35	367 ± 3	462 ± 4	602 ± 20	285 ± 4,2	21374 ± 296
7A	64,8 ± 2,5	309 ± 2	21948 ± 528	57,1 ± 0,3	399 ± 1	126 ± 1	802 ± 13	28,3 ± 0,6	18954 ± 258
8A	476 ± 6	1849 ± 25	29789 ± 315	78,0 ± 26	1718 ± 1	1472 ± 16	1608 ± 26	585 ± 19	21170 ± 157
9A	694 ± 10	170 ± 13	38525 ± 134	67,8 ± 19	248 ± 3	178 ± 1	675 ± 8	43,5 ± 0,5	28581 ± 89
10A	56,5 ± 1,6	2489 ± 33	52581 ± 361	168 ± 50	2096 ± 7	129 ± 1	3495 ± 57	162 ± 2,8	30952 ± 79
11A	42,4 ± 1,6	1318 ± 76	36304 ± 91	62,5 ± 6,0	1596 ± 4	157 ± 1	2169 ± 64	49,6 ± 1,1	26764 ± 97
1B	482 ± 2,1	2957 ± 23	44323 ± 105	161 ± 25	2715 ± 2	566 ± 14	2341 ± 76	522 ± 11	23479 ± 212
2B	449 ± 13	3588 ± 21	25722 ± 662	109 ± 19	3473 ± 19	450 ± 8	3102 ± 120	362 ± 10	25745 ± 388
3B	29,4 ± 0,8	232 ± 1	47640 ± 105	250 ± 11	98,8 ± 2	163 ± 1	3332 ± 92	234,2 ± 6	104736 ± 1
4B	27,4 ± 1,9	322 ± 32	23011 ± 264	230 ± 15	473 ± 1	95,5 ± 2	590 ± 4	180 ± 4	27578 ± 388
5B	121 ± 1,4	270 ± 31	32688 ± 494	69,6 ± 15	342 ± 1	88,9 ± 1	980 ± 66	76,8 ± 1	35337 ± 143
6B	53,2 ± 1,7	307 ± 1	21024 ± 434	58,9 ± 13	378 ± 1	251 ± 1	776 ± 24	298 ± 6	27154 ± 360
7B	83,8 ± 0,3	400 ± 25	30978 ± 472	96,1 ± 2,1	519 ± 3	151 ± 1	911 ± 7	103 ± 1	27848 ± 405
8B	579 ± 11	2471 ± 291	45130 ± 199	92,2 ± 2,3	2675 ± 14	1094 ± 17	1601 ± 11	341 ± 1	28933 ± 568
9B	618 ± 6	175 ± 35	42815 ± 375	47,5 ± 12	258 ± 1	156 ± 3	966 ± 30	54,2 ± 1	36325 ± 799
10B	814 ± 7	3333 ± 103	71799 ± 232	54,1 ± 13	3124 ± 20	223 ± 1	2834 ± 35	210,5 ± 1	31109 ± 431
11B	581 ± 7	1336 ± 88	33478 ± 706	79,1 ± 2,3	1467 ± 8	232 ± 4	1976 ± 80	182 ± 4	27732 ± 463

TABELA 3 – Teores dos micro-elementos nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm no solo do Parque Estadual da Cantareira expressos em mg.Kg⁻¹
de solo e respectivos desvios padrões (n = 3).

Amostras	Ni	Cu	Zn	As	Cr	Se	Cd	Ba	Pb
1A	10 ± 1	6,6 ± 0,1	75 ± 6	1,2 ± 0,1	17 ± 1	0,10 ± 0,01	0,51 ± 0,01	122 ± 2	5,4 ± 3,1
2A	8,3 ± 0,1	7,2 ± 0,4	57 ± 1	0,80 ± 0,06	16 ± 1	0,06 ± 0,01	0,41 ± 0,01	98 ± 1	6,7 ± 2,2
3A	22 ± 1	84 ± 1	43 ± 1	2,0 ± 0,1	74 ± 1	0,13 ± 0,01	1,3 ± 0,1	20 ± 1	9,1 ± 3,0
4A	16 ± 2	6,6 ± 0,9	46 ± 1	0,99 ± 0,02	24 ± 1	0,07 ± 0,02	0,55 ± 0,01	31 ± 1	6,2 ± 1,4
5A	8,2 ± 2,2	7,6 ± 0,1	27 ± 6	0,85 ± 0,04	18 ± 1	0,09 ± 0,01	0,52 ± 0,01	86 ± 1	6,5 ± 0,2
6A	8,7 ± 0,8	12 ± 1	30 ± 2	0,70 ± 0,08	16 ± 1	0,04 ± 0,01	0,34 ± 0,01	42 ± 1	7,5 ± 0,4
7A	7,6 ± 2,5	4,3 ± 0,1	20 ± 1	0,76 ± 0,03	13 ± 1	0,06 ± 0,01	0,34 ± 0,01	40 ± 1	7,3 ± 0,3
8A	7,3 ± 0,8	7,2 ± 0,1	73 ± 4	0,79 ± 0,04	14 ± 1	0,08 ± 0,01	0,40 ± 0,01	98 ± 1	7,6 ± 0,3
9A	9,2 ± 1,4	8,1 ± 0,1	20 ± 1	0,93 ± 0,04	18 ± 2	0,10 ± 0,01	0,51 ± 0,01	32 ± 1	6,9 ± 1,5
10A	9,5 ± 0,7	12 ± 1	56 ± 3	1,1 ± 0,1	19 ± 1	0,013 ± 0,001	0,60 ± 0,01	51 ± 1	8,3 ± 0,8
11A	9,1 ± 1,3	18 ± 1	47 ± 3	0,83 ± 0,02	20 ± 1	0,09 ± 0,01	0,48 ± 0,01	94 ± 1	6,9 ± 0,8
1B	10 ± 2	6,5 ± 1,1	77 ± 1	1,09 ± 0,05	16 ± 1	0,11 ± 0,01	0,56 ± 0,01	116 ± 1	7,5 ± 2,5
2B	9,4 ± 0,4	6,4 ± 0,2	68 ± 2	0,929 ± 0,14	18 ± 1	0,07 ± 0,01	0,53 ± 0,02	120 ± 1	8,6 ± 0,8
3B	55 ± 1	121 ± 1	48 ± 1	2,7 ± 0,1	94 ± 1	0,18 ± 0,01	1,7 ± 0,1	34 ± 1	8,8 ± 5,0
4B	10 ± 1	6,4 ± 0,1	30 ± 1	0,91 ± 0,09	16 ± 1	0,07 ± 0,01	0,47 ± 0,01	61 ± 1	8,7 ± 0,1
5B	9 ± 3	4,8 ± 0,3	27 ± 1	1,1 ± 0,1	20 ± 1	0,09 ± 0,01	0,59 ± 0,02	69 ± 1	7,4 ± 2,4
6B	7,5 ± 0,4	13 ± 1	27 ± 3	0,99 ± 0,05	19 ± 2	0,06 ± 0,01	0,47 ± 0,01	50 ± 1	7,8 ± 2,2
7B	8,8 ± 0,7	3,4 ± 0,1	28 ± 1	1,0 ± 0,1	16 ± 1	0,08 ± 0,01	0,50 ± 0,01	60 ± 1	7,7 ± 0,1
8B	9,5 ± 1,3	6,7 ± 0,1	75 ± 3	1,1 ± 0,1	17 ± 1	0,12 ± 0,01	0,58 ± 0,01	108 ± 1	8 ± 2
9B	11 ± 1	4,4 ± 0,3	26 ± 5	1,2 ± 0,2	20 ± 1	0,11 ± 0,01	0,65 ± 0,01	47 ± 1	11 ± 2
10B	10 ± 1	9,2 ± 0,7	54 ± 4	1,2 ± 0,1	19 ± 1	0,41 ± 0,01	0,69 ± 0,01	92 ± 2	10 ± 2
11B	11 ± 2	14 ± 1	52 ± 6	0,95 ± 0,01	21 ± 1	0,09 ± 0,01	0,52 ± 0,01	105 ± 1	8,7 ± 0,3

De uma maneira geral esperava-se encontrar maior concentração dos elementos químicos no horizonte A, em todos os locais de coletas, visto ser esta camada rica em serapilheira e que, o processo de decomposição estaria contribuindo para enriquecer esses solos com elementos químicos, porém, verificou-se que para alguns pontos os macroelementos Na, K, Fe, Al, Ti, Mg, Ca e Mn tiveram uma leve tendência a apresentar maiores concentrações no horizonte B (20-40 cm). Uma das hipóteses para esse comportamento é que esses elementos estão ligados mais fracamente a sítios de retenção ou de baixa energia no solo induzindo a uma maior mobilidade do horizonte A para o horizonte B, favorecendo dessa forma, a sua lixiviação. Para alguns elementos como o Na no ponto 3, o Fe nos pontos 9 e 11 (concentrações praticamente iguais), o Al no ponto 6, o Ti nos pontos 8 e 11, e o Mg nos pontos 3, 4, 5 e 6, as concentrações no horizonte A foram superiores às do horizonte B.

Para o elemento Ca houve um comportamento diferenciado em relação aos demais macroelementos em todos os locais amostrados, apresentando concentrações elevadas no horizonte A (0-20 cm), enquanto para o Mn, as concentrações foram praticamente iguais na maioria dos pontos de coletas, com exceção do ponto 3, onde os teores foram bem superiores em relação aos demais locais. Sabe-se que próximo a esse local existe uma pedreira desativada, que durante muitos anos de exploração, pode ter contribuído para aumentar os teores desses elementos.

Em relação à concentração dos microconstituíntes Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd e Ba, observou-se o mesmo comportamento dos macroconstituíntes, diferindo apenas em alguns pontos de coleta como, por exemplo: Ni, nos pontos 4 e 6; Cu no ponto 5; Zn nos pontos 4 e 10; As e Cd no ponto 4 e Ba nos pontos 1 e 5, onde os teores diminuíram do horizonte A para o horizonte B.

Verificou-se também que no ponto 3 alguns elementos estão presentes em maiores concentrações nos dois horizontes como o Ni ($A = 22,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $B = 54,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); o Cu ($A = 83,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $B = 121,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); o As ($A = 2,04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $B = 2,67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); o Se

($A = 0,127 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $B = 0,175 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) e o Cd ($A = 1,28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $B = 1,74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Esse fato está associado a menor acidez do solo, maior concentração de matéria orgânica e maior capacidade de troca iônica, o que favorece uma menor disponibilidade desses elementos no solo.

De maneira geral verifica-se que há uma variedade muito grande nas concentrações dos elementos nos 11 pontos amostrados. Pode-se, também, atribuir esse comportamento à gênese desses solos. Por outro lado, a fitodisponibilidade desses metais está associada à presença de constituintes orgânicos e inorgânicos como óxidos de Fe e Al, silicatos, fosfatos e carbonatos que, como já foi relatado anteriormente, reteriam em maior ou menor quantidade, os elementos químicos. Alguns deles apresentam fitotoxicidade. Nesse sentido, a CETESB estabeleceu como parâmetro de referência o "Valor de Alerta" (TABELA 4), como sendo a menor concentração de um elemento químico que possa causar fitotoxicidade em solos agricultáveis do Estado de São Paulo (CETESB, 2001). Comparando os resultados obtidos para alguns elementos tóxicos ao ambiente, verificou-se que os teores estão bem abaixo dos limites de "alerta" estabelecidos pela CETESB, com exceção do ponto 3, e nos horizontes A e B para os íons Cu^{2+} , Cr^{3+} e no horizonte B, para os íons Ni^{2+} , cujos valores estão acima dos limites estabelecidos.

Analizando os dados da TABELA 3 identificou-se a mobilidade de Ni, Cu e Cr do horizonte A para B, no ponto 3 e de Zn nos pontos 2 e 7, na seqüência de $\text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} \approx \text{Ni}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$ estando de acordo com as citações feitas por McBride (1994) e Matos *et al.* (1996) para os íons Ni^{2+} e Cu^{2+} .

Segundo McBride (1994) o cobre é complexado organicamente com ligações mais fortes do que com qualquer outro metal de transição bivalente. O mesmo acontece com o níquel que é tão eletronegativo quanto o cobre favorecendo, dessa maneira, a formação de complexos com a matéria orgânica e com estabilidade comparável à do cobre. Neste caso, a labilidade desses complexos é baixa, limitando a sua biodisponibilidade no solo e, pouca mobilidade na seqüência de $\text{Zn}^{2+} > \text{Cr}^{3+} \approx \text{Ni}^{2+}$ no horizonte A.

TABELA 4 – Concentrações fitotóxicas (A, B), Valores de Alerta (C) e teores elementares parcialmente disponíveis no solo do Parque Estadual da Cantareira, SP, (D), expressos em mg.Kg⁻¹ de solo.

Elementos	A ¹	B ²	C ³	D ⁴
	mg.Kg ⁻¹			
As	20	15-50	15	0,69-2,7
Ba	-	-	150	20-122
Cd	3	3-8	3	0,34-1,74
Pb	-	100-400	100	5,4-11
Co	-	25-30	25	-
Cu	-	60-125	60	4,3-84
Cr	75	75-100	75	13-94
Mo	-	-	30	-
Ni	-	100	30	7,5-55
Se	5	06-30	5	0,04-0,41
Zn	-	-	300	20-78

(1) Kabata-Pendias & Pendias (1984).

(2) Malavolta (1994).

(3) CETESB (2001).

(4) Faixa de valores encontrados nos solos do P.E. da Cantareira.

Visando correlacionar os parâmetros físico-químicos do solo com os teores dos elementos encontrados, aplicou-se a análise hierárquica dos “clusters” do programa computacional “SPSS” e, analisando os dendogramas obtidos pelo Método Ward (Norusis, 1996) pode-se agrupar

as amostras de solos similares e discriminá-las em função do pH, dos teores de argila, de matéria orgânica, de areia e das concentrações químicas dos elementos nos 11 pontos amostrados para o horizonte A (0-20 cm) (FIGURAS 2 e 3).

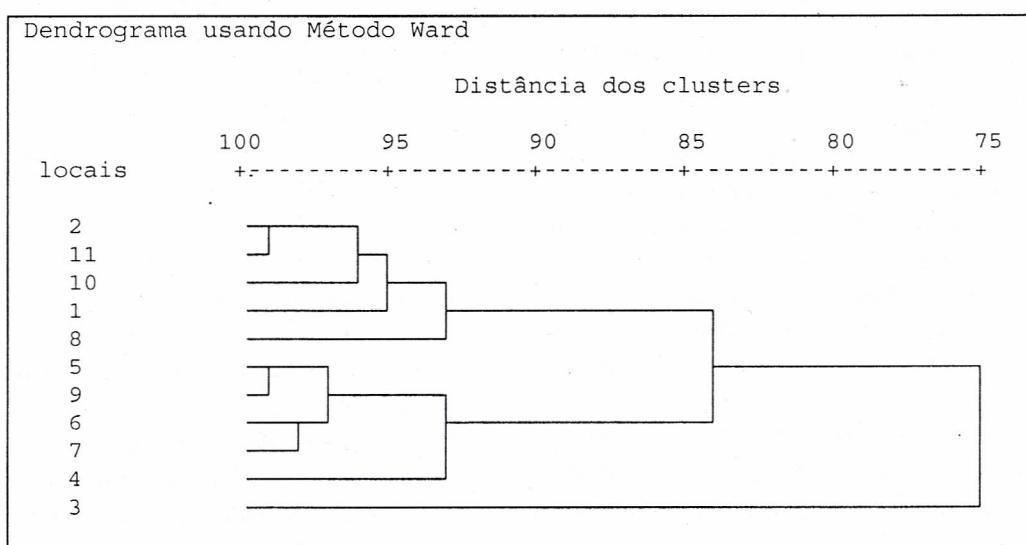


FIGURA 2 – Dendrograma dos locais de coletas em função dos parâmetros fisico-químicos do solo.

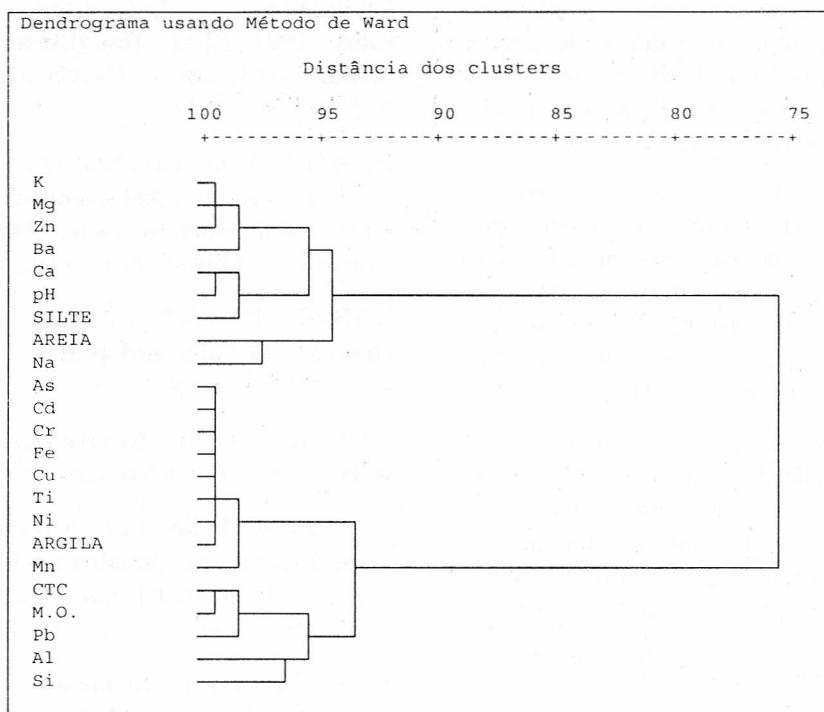


FIGURA 3 – Dendrograma dos elementos químicos em função dos parâmetros físico-químicos do solo.

Neste trabalho, verificou-se que os elementos Cu, Cr e Ni estão associados à argila que, no ponto 3, está em maior concentração (FIGURA 3).

Considerando a distância de 95% dos “clusters” reescalados observou-se que os solos correspondentes aos pontos de coletas 4, 5, 6, 7 e 9 são similares quanto ao pH (3,4-3,9); ao teor de matéria orgânica (5,5-6,7%) e à capacidade de troca catiônica (21-27%) contribuindo dessa forma, para separar e diferenciá-los dos solos correspondentes aos pontos 1, 2, 10 e 11, que se assemelham em termos dos teores de areia (45-56%) e de silte (11-16%).

A amostra referente ao ponto 3 difere drasticamente dos demais pontos de coleta em função da porcentagem de argila (64%) e de areia (48%) implicando, no dendrograma, em nenhuma semelhança com os demais solos.

Na FIGURA 3 observa-se que os elementos As, Cd, Cr, Fe, Cu, Ti, Ni e Mn se associam à argila o que, de certa maneira, explica os altos teores encontrados no ponto 3, e que separa o agrupamento dos demais elementos. Por outro lado, a capacidade de troca catiônica está intimamente ligada à matéria orgânica, contribuindo,

dessa forma, para reter os elementos Pb, Al e Si nos pontos de coleta 5 e 9. Os teores de silte (41-48%) e os valores de pH (6,2-6,5) nos pontos 4 e 8 influenciaram e separaram os elementos Zn e Ca dos demais constituintes.

4 CONCLUSÕES

Os dados obtidos no período e locais de coleta permitiram concluir que:

- os solos amostrados nos 11 pontos sob influência da rodovia Fernão Dias, no Parque Estadual da Cantareira, SP, mostraram-se ácidos e com características físico-químicas diferentes para cada ponto de coleta, influenciando na retenção dos elementos químicos;
- para os dois horizontes, houve uma grande variabilidade nos teores dos 18 elementos determinados, sendo que as maiores concentrações foram encontradas para os macroelementos: Ca, Mg, Al e Fe e para os micros: Zn e Ba;
- o solo referente ao ponto 3 se apresentou diferente dos demais solos em função dos altos teores de argila e areia, implicando na retenção da maioria dos metais de transição bivalentes;

- d) os íons Cu²⁺, Cr³⁺, no horizonte A e Ni²⁺, no horizonte B superam os valores de alerta estabelecidos pela CETESB, para solos agricultáveis no Estado de São Paulo, implicando em uma possível fitotoxicidade no ponto 3;
- e) em relação ao ponto 8, o solo se mostrou menos ácido e com maior teor de silte em comparação com os demais solos, influenciando em maior retenção dos elementos: K, Mg, Al, Ca, Ti, Fe, Zn e Ba. Dentre eles, mostraram maior lixiviação para o horizonte B, os elementos: K, Mg, Al, Fe, Zn e Ba, e
- f) o aporte de metais pesados nos pontos 3 e 8 indica a necessidade de novos estudos visando avaliar problemas de contaminação antrópica. Nos demais pontos, os valores podem ser considerados normais e, o monitoramento dessa área permitirá acompanhar possível contaminação ambiental em decorrência da duplicação da rodovia Fernão Dias.

5 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem aos pesquisadores:

- Dr Rui M. Pfeifer, Dimas A. Silva e Isabel Mattos da Seção de Introdução do IF/SP pela colaboração no trabalho de campo e na elaboração do mapa do Parque Estadual da Cantareira, e
- às Dras Marlene Flues e Ivone M. Sato do IPEN-CNEM/SP, pelos dados físico-químicos e pelas sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSMANS, H.; PAENHUYSEN, J. The distribution of heavy metals in the soils of the Kempen. *Pedologie*, Ghent, v. 30, n. 2, p. 191-223, 1980.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, 2001. 73 p. (Série Relatórios Ambientais).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

GAROTTI, V. F. **Determinação de alumínio em solos**. 1992. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HEWITT, A. D.; REYNOLDS, C. M. Dissolution of metals from soils and sediments with a microwave-nitric acid digestion technique. *Atomic Spectroscopy*, Norwalk, v. 11, n. 5, p. 187-192, 1990.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. New York: CRC Press, 1984. 315 p.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p.

MATOS, A. T. de et al. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em latossolo vermelho-amarelo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 20, n. 3, p. 379-386, 1996.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MIGUEL, A. H. Poluição atmosférica urbana no Brasil: uma visão geral. *Química Nova*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 118-125, 1992.

NORUSIS, N. J. **SPSS for Windows**; statistical package for social sciences, release 6.0. USA: SPSS Inc., 1996.

PFEIFER, R. M.; ESPINDOLA, C. R.; CARVALHO, W. A. Levantamento de solos do Parque Estadual da Capital, SP. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, v. 15/16, p. 49, 1981/82.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285 p.

STIGLIANI, W. M.; JAFFÉ, P. R.; ANDERBERG, S. Heavy metal. *Environ. Sci. Technol.*, Easton, v. 27, n. 5, p. 786-792, 1993.

PTERIDÓFITAS DO PARQUE ESTADUAL DE PORTO FERREIRA (SP), BRASIL¹

Áurea Maria Therezinha COLLI²
Sonia Aparecida de SOUZA³
Rogéria Toler da SILVA⁴

RESUMO

Neste trabalho foi realizado um levantamento de pteridófitas no Parque Estadual de Porto Ferreira. As coletas foram realizadas em cinco pontos, denominados Trilha de Pesquisa, Trilha das Árvores Gigantes, Área da Lagoa, Área do Rio e Cachoeira. Foram reconhecidas 48 espécies de pteridófitas pertencentes a 10 famílias: Aspleniaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Schizaeaceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae e Woodsiaceae. Destas, as mais representativas foram Pteridaceae com 10 espécies, distribuídas em seis gêneros e Polypodiaceae e Thelypteridaceae que apresentaram 9 espécies cada, distribuídas em quatro e um gêneros, respectivamente. Das 48 espécies registradas 16 apresentam distribuição bastante restrita, ocorrendo apenas na Trilha das Árvores Gigantes e *Campyloneurum repens* C. Presl., *Adiantum diogoanum* Glaziou ex Baker, *Blechnum glandulosum* Link. e *B. lanceola* Sw são as espécies de ocorrência mais ampla. Em todos os pontos de coletas há pteridófitas, sendo que a Trilha das Árvores Gigantes é a mais rica e a Área da Lagoa a mais pobre em número de espécies. As pteridófitas ocorrem nos ambientes de matas estacionais semideciduais, matas ciliares, brejos e no cerradão. A maior diversidade de espécies foi encontrada na mata estacional semidecidual.

Palavras-chave: Pteridophyta; Parque Estadual de Porto Ferreira; flora; São Paulo.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tryon (1986) a região Sudeste do Brasil apresenta cerca de 600 espécies de pteridófitas. No Estado de São Paulo ocorrem cerca de 500 espécies, distribuídas em 25 famílias e aproximadamente 50 gêneros. A grande maioria das

ABSTRACT

This work presents a pteridophytic survey carried out at the Porto Ferreira State Park. Collections were accomplished at five places named "Trilha da Pesquisa, Trilha das Árvores Gigantes, Área da Lagoa, Área do Rio, and Cachoeira". Forty-eight species of pteridophytes pertaining to 10 families were recognized: Aspleniaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Schizaeaceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae, and Woodsiaceae. Among them, the most representative ones were Pteridaceae with 10 species distributed among six genera, also Polypodiaceae and Thelypteridaceae that presented 9 species each distributed in four and one genera, respectively. From 48 species registered, 16 present a very restricted distribution only occurring in the "Trilha das Árvores Gigantes" and *Campyloneurum repens* C. Presl., *Adiantum diogoanum* Glaziou ex Baker, *Blechnum glandulosum* Link. and *B. lanceola* Sw are the most abundant species. There are pteridophytes at all places of the collection. "Trilha das Árvores Gigantes" is the richest one and the Área da Lagoa is the poorest in number of species. Pteridophytes occur at semideciduous forest, gallery forest, swamps and "cerradão". The largest species diversity was found in the semideciduous forest.

Key words: Pteridophytes; Porto Ferreira State Park; flora; São Paulo.

espécies de pteridófitas ocorre na Mata Atlântica ao longo da Serra do Mar, nas matas da Serra da Mantiqueira e nas do Vale do Ribeira. As matas mesófilas semideciduais de planalto e de encosta e as existentes ao longo de cursos d'água do interior do Estado apresentam diversidade menor do que as acima citadas (Salino, 1993).

(1) Trabalho apresentado no II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, realizado em Campo Grande-MS, no período de 05 a 09 de novembro de 2000 e aceito para publicação em abril de 2003.

(2) FAFIBE, Rua Prof. Orlando França de Carvalho, 325, 14.700-000, Bebedouro, SP, Brasil. FFCLSRP, Av. Deputado Eduardo Vicente Nasser, 1020, 13720-000, São José do Rio Pardo, SP, Brasil. E-mail: aureacolli@linkway.com.br

(3) Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, Caixa Postal 1322, 01050-970, São Paulo, SP, Brasil.

(4) UNICAPITAL, Rua Ibitetuba, 42/130, 03127-180, São Paulo, SP, Brasil.

Apesar da baixa diversidade de espécies de pteridófitas existentes no interior do Estado de São Paulo, poucos estudos têm sido realizados sobre a flora pteridofítica, destacando-se os de Brade (1937, 1951), Prado (1998), Pereira-Noronha (1989), Esteves & Melhem (1992), Windisch (1992), Simabukuro *et al.* (1994), Salino (1996), Siqueira & Windisch (1998), Hirai & Prado (2000) e Prado & Labiak (2001).

O Parque Estadual de Porto Ferreira recebe visitas monitoradas de estudantes e da população em geral e vários projetos de pesquisa têm sido desenvolvidos nesta área. No entanto, não foi realizado até o momento nenhum levantamento das espécies de pteridófitas ocorrentes. Desta forma o presente estudo é uma contribuição ao conhecimento da flora pteridofítica das formações vegetais dessa área.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Estadual de Porto Ferreira é uma das Unidades de Conservação administrada pelo Instituto Florestal, localizado no município de Porto Ferreira, SP, 21°50' a 21°52' Sul e 47°24' a 47°28' Oeste. Possui uma área de 611,55 hectares com vegetação natural que apresenta ecossistemas de Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica de interior), Cerradão e 5 km de Mata Ciliar com predomínio de Floresta Estacional Semidecidual; no Cerradão encontram-se áreas permanentemente inundadas que neste trabalho foram denominadas brejos. Limita-se ao sul com o rio Moji-Guaçu, à leste com o Ribeirão dos Patos, a oeste com o Córrego da Água Parada e ao Norte com a rodovia SP-215.

O clima da região é do tipo Cwa, temperado macrotérmico de inverno seco não-rigoroso. A temperatura média anual varia entre 13°C e 30°C e a pluviosidade média é de 1400 mm. Os solos encontrados nessa região são Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro-orto (Bertoni, 1984).

Foram realizadas 15 excursões no período de janeiro de 1998 a março de 2000 para coletas de material botânico dos representantes da

divisão Pteridophyta em cinco pontos do Parque: Trilha de Pesquisa, Trilha das Árvores Gigantes, Área da Lagoa (incluindo as proximidades do Cerradão), Área do Rio e Cachoeira. Nas trilhas as coletas foram realizadas às suas margens e em alguns pontos houve o adentramento de 5 m.

As Trilhas das Árvores Gigantes e de Pesquisa percolam Cerradão e Floresta Estacional Semidecidual. A Cachoeira possui Floresta Estacional Semidecidual. A Área do Rio é uma trilha paralela ao rio Mogi-Guaçu que possui mata ciliar com domínio de Floresta Estacional Semidecidual e a Área da Lagoa está localizada no Cerradão.

As matas encontradas ao longo das trilhas estão no estágio secundário de sucessão e neste artigo são tratadas como matas estacionais semideciduais. A mata existente nas trilhas paralelas ao rio Mogi-Guaçu é tratada como mata ciliar. Na Área da Lagoa foram coletadas espécies somente na área alagada.

Todo o material botânico coletado foi prensado no campo, herborizado segundo as técnicas usuais e incluído no acervo do Herbário do Instituto Florestal (SPSF). Algumas espécies de pteridófitas foram identificadas por Jefferson Prado, Alexandre Salino e Vinícius A. de O. Dittrich; outras espécies foram identificadas por comparação com espécimes do Herbário do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de São Carlos e do Herbário da Universidade Estadual de Campinas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento das pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira, foram encontradas 10 famílias, 22 gêneros e 48 espécies (TABELA 1). Com relação às famílias, tem-se que do total de espécies encontradas 10 espécies pertencem à Pteridaceae, 9 pertencem às Polypodiaceae e Thelypteridaceae, 6 à Dryopteridaceae, 5 à Aspleniaceae, 3 à Tectariaceae, 2 às Blechnaceae e Schizaeaceae e 1 às famílias Cyatheaceae e Woodsiaceae (FIGURA 1).

TABELA 1 – Distribuição de espécies de pteridófitas no Parque Estadual de Porto Ferreira, SP. A indicação dos hábitos e dos ambientes de ocorrência é codificada pela legenda que se segue. Hábitos: AB = arborecente, TE = terrestre, RU = rupícola, EP = epífita. Ambientes: CE = cerradão, MC = mata ciliar, MES = mata estacional semideciduosa, BR = brejo. Pontos de coleta: TAG = trilha das árvores gigantes, CA = cachoeira, TP = trilha de pesquisa, AL = área da lagoa, AR = área do rio.

Família Espécie	Hábito	Ambiente	Pontos de Coleta
ASPLENIACEAE			
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	RU	MES	TAG, CA
<i>Asplenium clausenii</i> Hieron.	TE	MES, MC	TAG, AR
<i>Asplenium formosum</i> Willd.	RU	MES	TAG, CA
<i>Asplenium inequilaterale</i> Willd.	TE	MES	TAG
<i>Asplenium otites</i> Link.	TE	MES	TAG, CA
BLECHNACEAE			
<i>Blechnum glandulosum</i> Link.	TE	MES, MC	TAG, AR, CA
<i>Blechnum lanceola</i> Sw.	TE	MES, MC	TAG, AR, CA
CYATHEACEAE			
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	AB	MC	CA
DRYOPTERIDACEAE			
<i>Bolbitis serratifolia</i> (Mart.) Schott	TE, RU	MES	TAG, CA
<i>Elaphoglossum</i> sp.	RU	MC	TAG
<i>Lastreopsis effusa</i> (Sw.) Tindale	TE	MES	TAG
<i>Polybotrya</i> sp.	TE	MES, MC	TAG, AR, CA
<i>Polystichum platyphyllum</i> (Willd.) C. Presl.	TE	MES	TAG
<i>Tectaria incisa</i> Cav.	TE	MES	TAG
POLYPODIACEAE			
<i>Campyloneurum acrocarpon</i> Féé	EP	MES, MC	TAG, CA
<i>Campyloneurum repens</i> C. Presl.	EP	MES, MC	TP, TAG, AR, CA
<i>Microgramma lindbergii</i> (Mett.) de la Sota	EP	MES, MC	TAG, AR
<i>Microgramma persicariifolia</i> (Schrad.) C. Presl.	EP	MES	AR
<i>Microgramma squamulosa</i> Kaulf. De la Sota	EP	CE	TP
<i>Pleopeltis angusta</i> Willd.	EP	MES, CE	TP, TAG
<i>Polypodium catharinae</i> Langsd. & Fisch.	EP	CE	TP
<i>Polypodium latipes</i> Langsd. & Fisch.	TE	CE	TP, TAG, AL
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt.	EP, RU	MES	TP, TAG
PTÉRIDACEAE			
<i>Adiantopsis radiata</i> (L.) Féé	TE	MES, CE	TP, TAG
<i>Adiantum diogoanum</i> Glaziou ex Baker	TE	MES, MC	TP, TAG, AR
<i>Adiantum cf. obliquum</i> Willd.	TE	MES	TAG
<i>Adiantum raddianum</i> C. Presl.	TE	MES	CA
<i>Cheilantes concolor</i> Langsd. & Fisch.	TE	MES, MC	TP
<i>Hemionitis tomentosa</i> (Lam.) Raddi	TE, RU	MES	TAG
<i>Pteris denticulata</i> Sw. var. <i>denticulata</i>	TE	MES	TAG
<i>Pteris plumula</i> Desv.	TE	MES	TAG
<i>Pteris vittata</i> L.	TE	MES	TP
<i>Pteris</i> sp.	TE	MES	TAG

continua

COLLI, A. M. T.; SOUZA, S. A. de; SILVA, R. T. da. Pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP), Brasil.

continuação – TABELA 1

Família Espécie	Hábito	Ambiente	Pontos de Coleta
SCHIZAEACEAE			
<i>Anemia phyllitidis (L.) Sw.</i>	TE	MES, CE	TAG, CA
<i>Anemia villosa</i> Willd.	TE	MES, CE	TAG, CA
TECTARIACEAE			
<i>Ctenitis submarginalis</i> (Langsd. & Fisch.) Ching	TE	MES	TAG
<i>Ctenitis eriocaulis</i> (Fée) Alston	TE	MC	TP
<i>Ctenitis cf. falciculata</i> (Raddi) Ching	TE	MC	TP
THELYPTERIDACEAE			
<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk) E. St. John	TE	MES, CE	TP, TAG
<i>Thelypteris dutrai</i> (C. Chr. Ex Dutra) Ponce	TE	MES, MC	TP, CA
<i>Thelypteris interrupta</i> (Willd.) Iwatsuki	TE	BR	AL
<i>Thelypteris</i> (Goniopteris)	TE	MES	TAG
<i>Thelypteris grandis</i> A. R. Sm	TE	MES	TAG
<i>Thelypteris hispidula</i> (Decne) C. F. Reed	TE	MES	TP, TAG
<i>Thelypteris lugubris</i> (Kunze ex. Mett.) R. M. Tryon & A. F. Tryon	TE	MES	TAG
<i>Thelypteris patens</i> (Sw.) Small	TE	MES, BR	TAG
<i>Thelypteris schwackeana</i> (Christ) A. Salino	TE	MES	TAG
WOODSIACEAE			
<i>Diplazium cristatum</i> (Desv.) Alston	TE	MES	TP

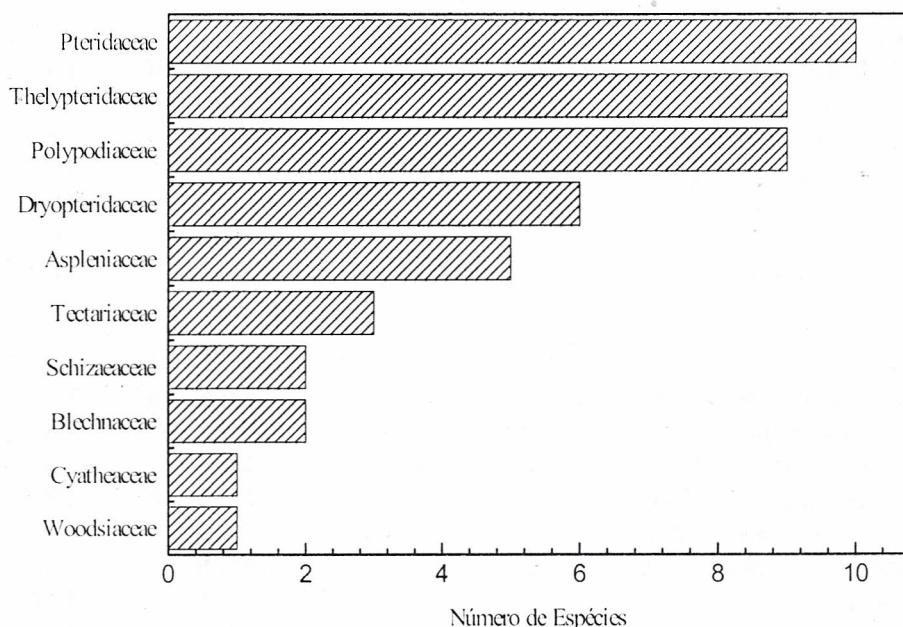


FIGURA 1 – Número de espécies de pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP.

Apesar da diversidade de formações vegetais existentes, as famílias que são mais representativas no Parque Estadual de Porto Ferreira também foram encontradas em outras áreas. Esse fato foi registrado na Serra da Juréia por Prado & Labiak (2001). A família de pteridófitas epífitas mais representativa na Reserva Volta Velha (SC) foi Polypodiaceae (Labiak & Prado, 1998). No Morro do Cuscuzeiro localizado em Analândia (SP), as famílias mais representativas foram Pteridaceae, Polypodiaceae e Thelypteridaceae (Salino, 1996). No Parque Estadual do Rio Doce (MG) as famílias Pteridaceae e Thelypteridaceae foram as mais representativas (Graçano *et al.*, 1998). Já, na Reserva Ecológica de Jangadinha (PE) a família Pteridaceae foi a mais representativa (Ambrósio & Barros, 1997). Na região Norte, nos Estados do Amazonas e Pará e nos territórios do Acre e Rondônia, foi observado um grande número de espécies pertencentes à família Thelypteridaceae (Tryon & Conant, 1975).

Apesar da existência de diferentes formações vegetais, os gêneros mais representativos no Parque Estadual de Porto Ferreira e no Morro do Cuscuzeiro, Analândia (SP) foram *Thelypteris* e *Asplenium* (Salino, 1996).

A família Polypodiaceae ocorreu em todos os pontos de coletas nos ambientes de Mata Estacional Semidecidual, Mata Ciliar e Cerradão, as famílias Pteridaceae e Thelypteridaceae ocorreram em quatro dos cinco pontos nos ambientes de Mata Estacional Semidecidual, Mata Ciliar, Brejo e Cerradão. As famílias Aspleniaceae, Blechnaceae e Dryopteridaceae ocorreram em três dos cinco pontos nos ambientes de Mata Estacional Semidecidual e Mata Ciliar. Schizaeaceae e Tectariaceae estão restritas a dois pontos nos ambientes de Mata Estacional Semidecidual, Mata Ciliar e Cerradão e Woodsiaceae ocorreu em um ponto no ambiente de Mata Estacional Semidecidual (TABELA 1).

Campyloneurum repens, *Adiantum diogoanum*, *Blechnum glandulosum* e *B. lanceola* foram as espécies que ocorreram em maior número de pontos nos ambientes de Mata Estacional Semidecidual e Mata Ciliar. Das 48 espécies registradas 16 apresentam distribuição bastante restrita, ocorrendo apenas na Trilha das Árvores Gigantes (TABELA 1).

Com relação à diversidade específica do grupo, sabe-se que as famílias Pteridaceae e Thelypteridaceae são de grande importância e

representatividade nos trópicos (Tryon & Tryon, 1982), e no Parque Estadual de Porto Ferreira, foram as melhores representadas.

Na região central do Estado de São Paulo, onde está localizado o município de Porto Ferreira, as pteridófitas ocorrem nas regiões serranas, nas matas galerias, remanescentes de matas mesófilas e de matas semideciduais e nas regiões de cerrado (Prado, 1998). E este fato foi observado no Parque Estadual de Porto Ferreira (TABELA 1).

A maioria das espécies de pteridófitas (44) ocorreu em locais úmidos no interior das matas ou nos barrancos sombreados, das quais trinta e duas são terrestres, três rupícolas, cinco epífitas, duas são tanto terrestres como rupícolas, uma é tanto epífita como rupícola e uma arbórea. Ranal (1995) verificou que as espécies de pteridófitas terrestres, *Adiantopsis radiata*, *Polypodium latipes* e *Pteris denticulata*, ocorrem em solos que retêm maior quantidade de água, mantendo seus rizomas e raízes na camada superficial do substrato, onde há maior umidade em relação às partes mais profundas.

Nas áreas de cerradão do Parque Estadual de Porto Ferreira foram encontradas 8 espécies de pteridófitas. Destas *Cheilantes concolor*, *Polypodium polypodioides* e *P. latipes* foram registradas por Esteves & Melhem (1992) nos cerrados de São Paulo; já as espécies *Polypodium latipes*, *Pleopeltis angusta*, *Microgramma squamulosa* e *Anemia phyllitidis* foram registradas por Salino (1996) nos cerrados localizados na Serra do Cuscuzeiro em Analândia, SP.

Nos brejos do Parque Estadual foram registradas duas espécies, *Thelypteris interrupta* e *Thelypteris patens*, que ocorreram também nos brejos da Serra do Cuscuzeiro (Salino, 1996). Já Prado & Labiak (2001) registraram a presença da espécie *Blechnum brasiliense* nos brejos da Serra da Juréia.

A maioria das espécies de hábito epítico (*Pleopeltis angusta*, *Polypodium catharinae*, *Campyloneurum repens*, *Microgramma lindbergii*, *M. squamulosa*, *M. persicariifolia*) foram encontradas na Trilha das Árvores Gigantes no ambiente de Floresta Estacional Semidecidual. Observou-se a presença de escassos números de pteridófitas com hábito epítico no Parque. Segundo Fontoura *et al.* (1997) citados por Graçano *et al.* (1998), áreas de mata secundária apresentam um reduzido número de epífitas em relação às áreas de mata primária. Neste caso, a escassez de espécies epíticas pode ser um indicativo do caráter secundário das matas do Parque Estadual de Porto Ferreira.

COLLI, A. M. T.; SOUZA, S. A. de; SILVA, R. T. da. Pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP), Brasil.

Das 44 espécies da região que ocorrem nos ambientes de matas ou associadas a elas 26 também foram registradas por Salino (1993) que encontrou 91 espécies em 3 remanescentes florestais de bacia do rio Jacaré-Pepira nos municípios de Itirapina e Brotas. Prado & Labiak (2001) encontraram 7 espécies ocorrentes na região nos ambientes de floresta pluvial tropical da Serra da Juréia.

4 AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Instituto Florestal pelo fornecimento das condições necessárias para a realização deste trabalho, aos Drs. Jefferson Prado e Alexandre Salino e ao Mestre Vinícius A. de O. Dittrich pela identificação das espécies de pteridófitas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBRÓSIO, S. A.; BARROS, I. C. I. Pteridófitas de uma área remanescente de Floresta Atlântica do Estado de Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 105-113, 1997.
- BERTONI, J. E. A. **A composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta do interior do Estado de São Paulo:** Reserva Estadual de Porto Ferreira. 1984. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- BRADE, A. C. Pteridophytas coletadas em Campos do Jordão, em 1937 pelo Dr. Campos Porto e determinadas por A. C. Brade. **Rodriguesia**, São José do Rio Preto, v. 9, p. 113-116, 1937.
- _____. Relatório da excursão a Serra da Bocaina, no estado de São Paulo, realizada pelo naturalista A. C. Brade, de 18 de abril a 24 de maio de 1951. **Rodriguesia**, São José do Rio Preto, v. 26, p. 55-66, 1951.
- ESTEVES, L. M.; MELHEM, T. S. Morfologia de esporos de pteridófitas do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu (SP). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 73-83, 1992.
- GRAÇANO, D.; PRADO, J.; AZEVEDO, A. A. Levantamento preliminar de Pteridophyta do Parque Estadual do Rio Doce (MG). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 165-182, 1998.
- HIRAI, R. Y.; PRADO, J. Selaginellaceae Willk. no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 313-339, 2000.
- LABIAK, P. H.; PRADO, J. Pteridófitas epífitas da Reserva Volta Velha, Itapoá – Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 1-79, 1998.
- PEREIRA-NORONHA, M. R. **Formas de vida e reprodução em pteridófitas.** 1989. 272 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.
- PRADO, J. Pteridófitas do Estado de São Paulo. In: BICUDO, C. E. de M. (Ed.). **Fungos macroscópicos e plantas do Estado de São Paulo.** São Paulo: FAPESP, 1998. cap. 5, p. 49-61. (Série Biodiversidade do Estado de São Paulo, v. 2).
- _____.; LABIAK, P. H. Lista de pteridófitas da Serra da Juréia, município de Iguape, São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Botânica**, São Paulo, v. 15, p. 83-85, 2001.
- RANAL, M. A. Estabelecimento de pteridófitas em mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. 2. Natureza dos substratos. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 4, p. 583-594, 1995.
- SALINO, A. **Flora pteridofítica das matas ciliares da bacia do rio Jacaré-Pepira, Estado de São Paulo, Brasil.** 1993. 277 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- _____. Levantamento das pteridófitas da Serra do Cuscuzeiro, Analândia, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 173-178, 1996.
- SIMABUKURO, E. A.; ESTEVES, L. M.; FELIPPE, G. M. Fotoblastismo de pteridófitas de mata ciliar. **Insula**, Florianópolis, n. 22, p. 177-186, 1994.

COLLI, A. M. T.; SOUZA, S. A. de; SILVA, R. T. da. Pteridófitas do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP), Brasil.

SIQUEIRA, C. R.; WINDISCH, P. G. Pteridófitas da Região Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil: Dennstaedtiaceae. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 357-365, 1998. (Suplemento).

TRYON, R. Biogeography of species, with special reference to ferns. *Botanical Review*, New York, v. 52, n. 2, p. 117-156, 1986.

TRYON, R. M.; CONANT, D. S. The ferns of Brazilian Amazonia. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 5, n. 1, p. 23-34, 1975.

_____.; TRYON, A. F. *Ferns and allied plants, with special reference to Tropical America*. New York: Spring Verlag, 1982.

WINDISCH, P. G. *Pteridófitas da região norte-occidental do Estado de São Paulo*: guia para estudo e excursões. 2. ed. São José do Rio Preto: Universidade Estadual Paulista, 1992. 113 p.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FRUTO DE *Eugenia klotzschiana* Berg. (MYRTACEAE)*

Maria Isabel VALLILO**
João Batista BAITELLO**
Leda LAMARDO***
Cássia Maria LOBANCO***

RESUMO

Frutos de *Eugenia klotzschiana* Berg., Myrtaceae, provenientes do Parque Estadual do Juquery, municípios de Franco da Rocha e Caeiras, SP, coletadas em janeiro de 2001 e 2002, e em estádio de amadurecimento, foram avaliados quanto à composição centesimal, o teor de fibras alimentares e nutrientes minerais. Os métodos analíticos usados para a determinação da composição centesimal e das fibras alimentares seguiram as "Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz" e do método enzimático-gravimétrico da Association of Official Analytical Chemists - AOAC, respectivamente. A solubilização das amostras e a determinação dos nutrientes minerais foram feitas através de digestão ácida ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ a 30% v/v) e por Espectrometria de Emissão Ótica acoplada ao Plasma Indutivamente (ICP-OES), respectivamente. Os resultados revelaram que a polpa tem alto teor de umidade (90,30% p/p); baixos valores de lipídios (1,06% p/p) e proteínas (0,54% p/p). Como qualidade para a industrialização destaca-se o alto rendimento em polpa; concentrações razoáveis de fibras alimentares (4,57% p/p); vitamina C (31,20 mg. 100 g⁻¹) e nutrientes essenciais como K (635,93; 627,44 µg.g⁻¹), Ca (163,28; 202,05 µg.g⁻¹), Mg (37,49; 39,45 µg.g⁻¹) e P (29,05; 26,10 µg.g⁻¹). O valor energético encontrado deve-se, quase que exclusivamente, aos carboidratos totais (3,37% p/p). A presença de elementos tóxicos como Cd e Pb invalida o consumo da polpa como alimento, por estarem acima do limite permitido pela Legislação Brasileira para alguns alimentos (0,1 a 0,3 mg.Kg⁻¹). Os dois métodos utilizados para a solubilização da amostra se mostraram estatisticamente satisfatórios do ponto de vista da precisão.

Palavras-chave: Myrtaceae; *Eugenia klotzschiana*; composição química; nutrientes; frutos; polpa.

ABSTRACT

The chemical composition, the dietary fibers and the mineral nutritive value of *Eugenia klotzschiana* Berg. Myrtaceae fruits (pulp) from the Juquery State Park, Franco da Rocha and Caeiras, SP, were determined. The final aim was to know the fruit nutritive and caloric value. For chemical composition determination, the methods were as recommended by the "Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz"; the dietary fiber was determined by the AOAC enzymatic-gravimeter method. The sample solubilization was obtained by acid digestion ($\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ a 30% v/v); minerals components were determined by ICP-OES technique. The results showed high level of the moisture on the pulp (90.30% w/w); reasonable levels of dietary fiber (4.57% w/w) and ascorbic acid (31.20 mg.100 g⁻¹); the lipid and protein were in low value (1.06% and 0.54% w/w, respectively). The caloric value is due mainly to the total carbohydrate (3.37% w/w). The chief mineral nutrient determined was K (635.93; 627.44 µg.g⁻¹) followed by Ca (163.28; 202.05 µg.g⁻¹), Mg (37.49; 39.45 µg.g⁻¹) and P (29.05; 26.10 µg.g⁻¹). The toxic elements as Cd and Pb does render impossible the pulp employment as food because they are in higher level of the recognized by the Brazilian's legislation of some foods (0.1 to 0.3 mg.Kg⁻¹). The extraction methods of chemical elements showed efficiency statistically.

Key words: Myrtaceae; *Eugenia klotzschiana*; chemical composition; nutrients; fruits; pulp.

(*) Parte do trabalho apresentada no XVIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, realizado em Porto Alegre-RS, no período de 04 a 07 de agosto de 2002, e aceito para publicação em maio de 2003.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 0105 -970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: vallilo@uol.com.br

(***) Instituto Adolfo Lutz, Av. Dr. Arnaldo, 355, 01246-902, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: cmlobanco@ial.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O Parque Estadual do Juquery com 1.955,52 ha abrange parte dos municípios de Franco da Rocha e Caieiras, nos limites de Francisco Morato e Mairiporã, região nordeste da Grande São Paulo. Apesar de constantes interferências provocadas pelo homem, constitui-se num patrimônio ecológico inestimável para o Estado de São Paulo. Situa-se a 23°45'Lat. Sul e 46°35'Long. Oeste. O Parque representa um remanescente das “ilhas de Cerrado” da região metropolitana, entremeadas de matas de fundo de vale. Tal acervo carece, no entanto, de informações botânicas, químicas e de uma possível correlação da vegetação com a fauna existente.

A fim de minimizar tal lacuna está sendo realizado no Parque um levantamento florístico visando subsidiar um futuro plano de manejo. Através desse levantamento, detectou-se a ocorrência de *Eugenia klotzschiana* Berg., uma Myrtaceae conhecida popularmente como pêra-do-campo ou pêra-do-cerrado. É um arbusto de aproximadamente 80 cm de altura, com flores brancas e axilares que, apesar de se adaptar bem com outros indivíduos, é espécie rara e de distribuição geográfica muito restrita, em áreas de Cerrado, nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás. Floresce nos meses de setembro a outubro e frutifica entre os meses de novembro a fevereiro (FIGURA 1).



FIGURA 1 – Flores brancas e axilares de *E. klotzschiana* Berg.

Os frutos são bagas inusitadamente grandes para a família (até 12 x 7 cm), piriforme, de casca fina e coloração amarela-clara que escurece com a exposição à luz natural e temperatura ambiente. Sua polpa é macia, de aspecto suculento e de cor branca-amarelada, envolvendo de 1 a 4 sementes ovaladas que ocupam pouco espaço na massa da polpa. Apresentam sabor agradável, porém ácido e com certa adstringência, o que limita seu consumo “in natura”. É bastante perecível, devendo ser mantido sob refrigeração logo após sua coleta.

É muito utilizado pela população regional na forma de compota e geléia (De Almeida, 1998) (FIGURA 2).

Dado o crescente interesse para o aproveitamento sustentável de frutos nativos do cerrado brasileiro e a falta de conhecimento de seus atributos de qualidade para a alimentação e industrialização, determinou-se a composição centesimal, de minerais e de vitaminas na polpa dos frutos de *E. klotzschiana* Berg., estabelecendo, dessa maneira, seu potencial nutricional e energético.

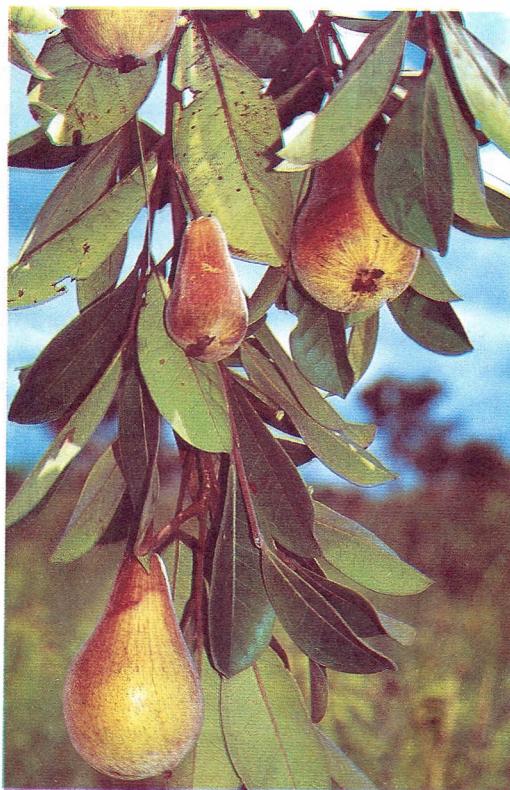


FIGURA 2 – Frutos maduros de *E. klotzschiana* Berg.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Procedência e Preparo da Matéria-prima

Os frutos foram colhidos no Parque Estadual do Juquery, SP, no mês de janeiro de 2001 e 2002. Em seguida foram transferidos para o laboratório de Fitoquímica do Instituto Florestal, e armazenados sob refrigeração em “freezer”. Foram despolpados manualmente e a polpa triturada e homogeneizada através de multiprocessador doméstico e sendo, posteriormente, acondicionadas em frasco de polietileno para análises posteriores nos laboratórios dos Institutos Florestal e Adolfo Lutz de São Paulo.

2.2 Métodos

A composição centesimal (umidade, resíduo mineral fixo, lipídios e proteínas) foi efetuada segundo as “Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz” (Instituto Adolfo Lutz, 1985), sendo o teor de carboidratos calculado por diferença. Foi empregado o fator de 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteínas. O valor calórico foi calculado utilizando-se os seguintes fatores: 9 para lipídios, 4 para proteínas e carboidratos.

A determinação das fibras alimentares seguiu o método enzimático-gravimétrico da “Association of Official Analytical Chemists”, modificado por Lee *et al.* (1992). A determinação de ácido ascórbico (vitamina C) foi feita através da redução dos íons cúpricos (Cu^{2+}) conforme técnica descrita por Contreras-Guzmán *et al.* (1984).

A quantificação dos elementos inorgânicos foi realizada no laboratório de Espectrometria do Instituto de Química da USP, através de dois procedimentos diferentes com três repetições analíticas:

1. digestão ácida em sistema focalizado Spex 350 assistido por microondas: um grama da amostra foi pesada e transferida para o copo de digestão, seguida da adição de 10 mL de HNO_3 a 65% e 1 mL de H_2O_2 a 30% (v/v). Numa primeira etapa foi aplicada a potência de 45 W, por 2 min. Na segunda etapa aplicou-se a potência de 60 W, por 2 minutos e 75 W por 6 min. Após a digestão, as amostras foram transferidas quantitativamente para balões volumétricos de 25 mL com H_2O destilada e desionizada, e

2. digestão ácida através de aquecimento por banho-maria: um grama da amostra foi pesado em Becker de 100 mL e tratado com 10 mL de HNO₃ a 65% e 2 mL de H₂O₂ a 30% (v/v), e deixado em repouso por 24 h. Em seguida foi colocado em banho-maria por uma hora. Depois de frio, foi transferido com H₂O destilada e deionizada para balões volumétricos de 25 mL.

Os elementos: Na, K, Mg, Ca, P, Al, S, Cr, Fe, Ni, Cu, As, Zn, Ba, Mn, Cd, Pb, V e Se foram identificados e quantificados nas amostras solubilizadas pela técnica da espectrometria de emissão ótica acoplada ao plasma indutivamente (ICP-OES), no equipamento Spectroflame Modula, da Spectro Co., operando com a potência de 1,2 Kw; fluxo de argônio refrigerante, auxiliar e carregador de 12 L.min⁻¹; 1,2 L.min⁻¹ e 1,0 L.min⁻¹, respectivamente, e velocidade de introdução da amostra de 1,5 mL.min⁻¹. A leitura dos elementos foi feita nos seguintes comprimentos de onda (λ_s) em nm: $\lambda_K = 776,460$; $\lambda_{Mg} = 280,270$; $\lambda_{Pb} = 220,353$; $\lambda_P = 213,618$; $\lambda_{Al} = 396,152$; $\lambda_{Zn} = 213,855$; $\lambda_S = 180,73$;

$\lambda_{Mn} = 257,610$; $\lambda_{Ba} = 233,527$; $\lambda_{Ni} = 221,647$; $\lambda_{Cd} = 228,802$; $\lambda_{Ca} = 422,673$; $\lambda_{Na} = 588,995$; $\lambda_{Cr} = 284,325$; $\lambda_{Fe} = 261,187$; $\lambda_{As} = 193,759$; $\lambda_V = 310,230$ e $\lambda_{Se} = 203,985$ através de curvas analíticas, elaboradas com soluções de trabalho multielementares preparadas nas concentrações de 0,1; 0,5; 1,0; 5,0; 10; 50; 100 e 500 µg.mL⁻¹ de cada elemento constituinte, em HNO₃ a 1%, por diluição das soluções-estoque de concentração equivalente a 1000 µg.mL⁻¹.

Aos resultados obtidos foram aplicados os testes F, para comparar a precisão dos dois métodos utilizados na solubilização das amostras, conforme descrito por Vogel (1981).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos da *E. klotzschiana* Berg. apresentam polpa carnosa e suculenta, resultante do alto teor de umidade (90,30% p/p), conforme pode ser observado nas FIGURA 3 e TABELA 1.

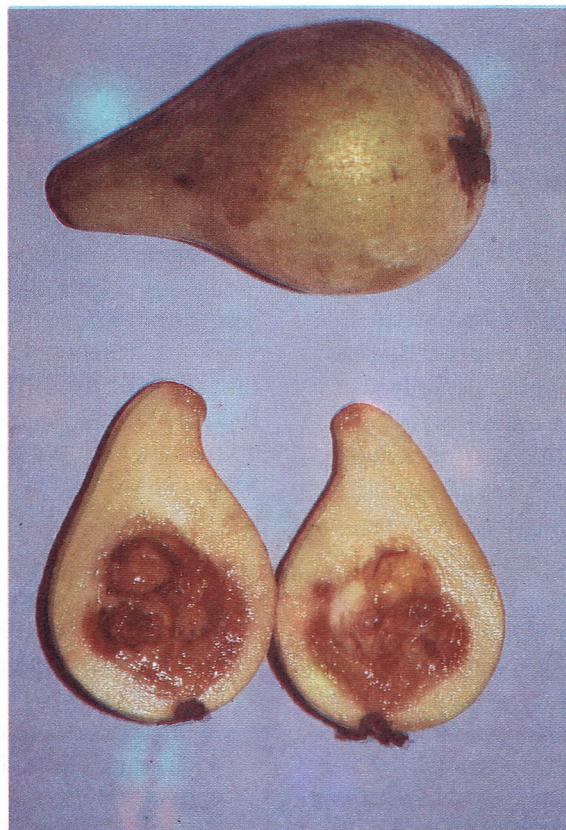


FIGURA 3 – Frutos inteiros e cortados longitudinalmente, mostrando a polpa e as sementes de *E. klotzschiana* Berg.

TABELA 1 – Composição centesimal, valores calóricos totais (V.C.T.) da polpa dos frutos das espécies: *Eugenia klotzschiana* Berg. (pêra-do-campo), *Myrciaria trunciflora* Berg. (jabuticaba), *Eugenia uniflora* L. (pitanga), *Psidium guajava* L. (goiaba), *Eugenia pyriformis* Camb (uvaia) e *Syzygium jambos* (L.) Alston (jambo) expressos em g.100 g⁻¹, mg.100 g⁻¹ e Kcal.100 g⁻¹, de amostra “in natura”, respectivamente - Família: Myrtaceae.

Composição	Pêra-do-campo	Jabuticaba ^{1,2}	Pitanga ^{1,2}	Goiaba ^{1,2}	Uvaia ^{1,2}	Jambo ²
Substâncias voláteis a 70°C	90,30	87,85	90,47	85,81	85,53	–
Resíduo Mineral Fixo a 550°C	0,16	2,08	0,28	3,27	0,44	–
Lipídios	1,06	0,89	0,23	0,64	2,04	0,20
Proteínas (N x 6,25)	0,54	0,22	0,76	0,76	1,56	0,80
Fibras Alimentares	4,57	2,06	2,10	4,95	2,04	–
Carboidratos Totais*	3,37	8,96	8,26	9,52	10,43	12,80
pH	2,54	–	–	–	–	–
Ácidos orgânicos em ácido cítrico	2,10	–	–	–	–	–
Ácido ascórbico (mg.100 g ⁻¹)	31,20	≥ 12,8	≥ 14,0	40,0 - 80,1 ³	–	20,0
V. C. T. (Kcal.100 g ⁻¹)	25,20	36,0	30,0	27,0	58,0	50,0

(*) Calculado por diferença.

Fontes: (1) Lajolo et al. (2001); (2) Franco (1992); (3) Brasil, 2000.

A polpa tem elevada acidez e pH baixo, características favoráveis para a industrialização. Segundo Andrade et al. (1993), pH baixo elimina etapas de acidificação durante o processamento de doces e sucos, sendo que a elevada acidez contribui para acentuar o sabor ácido da polpa, o que implica em um fator de diluição elevado, quando na formulação de sucos e, consequentemente, maior rendimento industrial. No entanto, limita seu consumo “in natura”.

Além da umidade, os componentes majoritários encontrados na polpa foram os carboidratos (3,37% p/p), as fibras alimentares (4,57% p/p) e o ácido ascórbico (31,20 mg.100 g⁻¹) que contribui para acentuar o sabor ácido (pH = 2,54) e torna a polpa uma boa fonte de vitamina C (TABELA 1).

Comparando-se os resultados obtidos com os dados da literatura para as espécies *E. uniflora* (pitanga)

e *E. pyriformis* (uvaia), verifica-se que *E. klotzschiana* Berg. é menos energética (25,20 Kcal.100 g⁻¹) do que a pitanga (30,0 Kcal. 100 g⁻¹) e uvaia (58,0 Kcal.100 g⁻¹) e menos nutritiva do que esta última. Isto se deve aos altos valores apresentados pela uvaia para lipídios, proteínas e carboidratos totais. Por sua vez, apesar de *E. klotzschiana* Berg. apresentar teores de fibras alimentares superiores aos da pitanga e uvaia, está bem abaixo dos níveis aceitáveis recomendados para o consumo diário (RDA) da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (20 g/dia) e da “American Dietetic Association” (30 g/dia) (Garbelotti, 2000). Em relação às outras espécies de Myrtaceae conhecidas e utilizadas popularmente, o teor de fibras alimentares está próximo ao da goiaba (4,95% p/p) e bem superior aos das outras duas espécies.

Destaque deve ser feito à presença do ácido ascórbico (vitamina C) que apresenta uma concentração razoável ($31,20 \text{ mg.}100 \text{ g}^{-1}$) quando comparado aos valores recomendados nos Estados Unidos e pela Legislação Brasileira, para ingestão diária de adultos, equivalente a 60 mg/dia , (Fennema, 1993 e Brasil, 1998a), superando os valores indicados para a jabuticaba e pitanga (TABELA 1).

Dados da literatura enfatizam que essas concentrações variam muito, e isto se deve às perdas em decorrência de manipulações inadequadas durante a coleta dos frutos, no transporte e no período de armazenamento superior a 24 horas, à temperatura ambiente (Lee et al., 1982).

Os resultados obtidos para os minerais usando a solubilização ácida assistida por microondas e por aquecimento em banho-maria podem ser visualizados na TABELA 2. Aplicando-se o teste F para avaliar se a precisão dos dois conjuntos de dados é a mesma, verificou-se que não há diferença significativa dos resultados entre os dois métodos de solubilização. Tanto a solubilização assistida por microondas como por aquecimento em banho-maria apresentaram precisão nos valores obtidos, podendo ser utilizados nas determinações dos elementos químicos dos frutos "in natura", à exceção dos elementos Mg, S, Mn, Pb e Cd que têm probabilidade ao nível de 10% (9,00) ou 5% (19,00), com grau de liberdade dois, de apresentar uma diferença significativa entre os resultados, nos dois métodos utilizados.

TABELA 2 – Concentrações médias de minerais na polpa dos frutos de *E. klotzschiana* Berg. extraídos por solubilização ácida assistida por microondas e banho-maria. (n = 3).

Elementos	Médias $\pm \delta^1$	Médias $\pm \delta^1$	IDR ²	S_A^2	S_B^2	$F = S_A^2 / S_B^2$
	(mg.Kg ⁻¹)	(mg.Kg ⁻¹)	(mg/dia)			
	A - (microondas)	B - (banho-maria)				G L ⁴ = 2
Na	$6,42 \pm 0,08$	$5,70 \pm 0,23$		0,0064	0,0529	8,26
Mg	$37,49 \pm 0,82$	$39,45 \pm 2,47$	300	0,6724	6,1009	9,07
Al	$1,88 \pm 0,25$	$1,15 \pm 0,23$		0,0625	0,0529	1,18
P	$29,05 \pm 1,69$	$26,10 \pm 1,29$	800	2,8561	1,6641	1,72
S	$58,95 \pm 3,25$	$50,20 \pm 1,07$		10,5625	1,1449	9,23
K	$635,93 \pm 1,29$	$627,44 \pm 0,92$		1,6641	0,8464	1,97
Ca	$163,28 \pm 1,16$	$202,05 \pm 0,83$	800	1,3456	0,6889	1,95
Cr	$3,53 \pm 1,05$	$3,38 \pm 0,76$	200 ³	1,1025	0,5776	1,91
Mn	$0,98 \pm 0,02$	$0,73 \pm 0,07$	5	0,0004	0,0049	12,25
Fe	$1,87 \pm 0,92$	$1,71 \pm 0,73$	14	0,8464	0,5329	1,59
Ni	$1,95 \pm 0,87$	$1,70 \pm 0,69$		0,7569	0,4761	1,59
Cu	$3,36 \pm 0,83$	$4,29 \pm 0,65$	3	0,6889	0,4225	1,63
Zn	$4,08 \pm 0,79$	$4,34 \pm 0,63$	15	0,6241	0,3969	1,57
As	$5,21 \pm 0,77$	$5,21 \pm 0,60$		0,5929	0,3600	1,65
Cd	$0,15 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,004$		0,0004	0,0001	25
Pb	$21,47 \pm 1,84$	$20,19 \pm 0,60$		3,3856	0,3600	9,40
Ba	$0,11 \pm 0,02$	$0,098 \pm 0,024$		0,0004	0,0006	0,69
V	$0,13 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$		0,0001	0,0001	1,00
Se	$0,05 \pm 0,01$	$0,053 \pm 0,010$	70 ³	0,0001	0,0001	1,00

(1) Média de três determinações e respectivo desvio padrão; (2) Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos (Brasil, 1998a); (3) Expressa em microgramas (mcg) por dia; (4) Grau de liberdade.

S^2 – variância de A e B; F = teste F; F (nível de 10%) = 9,00; (nível de 5%) = 19,00.

No entanto, o método de digestão por microondas mostrou ser o mais adequado devido à sua rapidez, mínima contaminação, pouco gasto de reagentes, o que resulta em pequena geração de resíduos e efluentes, enquanto a abertura da amostra por via úmida e aquecimento em banho-maria é mais lenta, exige grande gasto de reagentes e supervisão constante. É susceptível à contaminação e à perda não controlável de analitos voláteis, porém se obtém resultados também adequados quando bem conduzido, conforme ficou demonstrado pelo teste F.

Em relação aos elementos considerados nutrientes minerais verificou-se a presença de cinco dos macrominerais (K, Ca, S, Mg e P) dos oito considerados essenciais para o metabolismo humano (De Angelis, 1997). Dentre eles, o K exibiu um maior conteúdo seguido do Ca, S, Mg e P enquanto, entre os micronutrientes, o cobre se destacou com teor acima do valor recomendado para a ingestão diária de adultos.

Os resultados das determinações de Cd e Pb, considerados elementos tóxicos, estão acima dos limites permitidos para alguns alimentos ($1,0 \text{ mg.Kg}^{-1}$ a $0,3 \text{ mg.Kg}^{-1}$) pela Legislação Brasileira relativa a contaminantes químicos (Brasil, 1998b), o que de certa forma inviabiliza o consumo desse fruto, coletado nesse local, e sinaliza problemas de contaminação ambiental na área em estudo.

4 CONCLUSÕES

1. A polpa dos frutos de *E. klotzschiana* Berg. apesar de se apresentar pobre em lipídios e proteínas, revelou valores razoáveis de fibras alimentares e ácido ascórbico, tornando-a uma boa fonte de vitamina C.
2. O valor energético encontrado deve-se, quase que exclusivamente, à presença de carboidratos totais.
3. A polpa revelou boa fonte de macro e micronutrientes essenciais, como potássio (K), fósforo (P), manganês (Mn), magnésio (Mg), enxofre (S) e cobre (Cu), porém os altos teores de chumbo (Pb) e cádmio (Cd) inviabilizam o seu uso como alimento.

4. Os dois métodos de solubilização de amostra utilizados se mostraram estatisticamente precisos.
5. O agradável aroma da polpa, a sua elevada acidez e o pequeno espaço ocupado pelas sementes são características positivas do fruto para incluir a espécie em um programa de melhoramento, que a torne apta ao consumo na forma de doces ou sucos.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Pesquisador Osny Tadeu de Aguiar pelo fornecimento de informações botânicas sobre a espécie, e à Prof. Dra. Elisabeth de Oliveira do Instituto de Química da USP, pela colaboração nas análises químicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. de S.; ARAGÃO, C. G.; FERREIRA, S. A. de N. Caracterização física e química dos frutos de aracá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 23, n. 2-3, p. 213-217, 1993.

BRASIL. Portaria nº 33 de 13 de janeiro de 1998 do Ministério da Saúde. Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de ingestão diária em alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 jan. 1998a. Seção I-E, p. 5.

_____. Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 24 set. 1998b. Seção 1, nº 183E, p. 03.

_____. Instrução Normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e Abastecimento. Aprova regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção 1, p. 54-58.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S.; STRONG III, F. C.; GUERNELLI, O. Determinação de ácido ascórbico (vitamina C) por redução de íons cúpricos. *Química Nova*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 60-64, 1984.

VALLILO, M. I. et al. Composição química do fruto de *Eugenia klotzschiana* Berg. (Myrtaceae).

DE ALMEIDA, S. P. **Cerrado:** aproveitamento alimentar. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 159-161.

DE ANGELIS, R. C. **Fisiologia da nutrição:** fundamentos para nutrição e desnutrição. São Paulo: EDART, 1977. v. 1, cap. 4, p. 44.

GARBELOTTI, M. L. **Fibra alimentar e valor nutritivo de preparações servidas em restaurantes “por quilo” (Cerqueira César) de São Paulo, SP, 2000.** 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1992. 307 p.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos.** Zaragoza: Editorial Acribia, 1993. 1095 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1. 533 p.

LAJOLO, F. M. et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos – projeto integrado de composição de alimentos.** Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcacoce>. Acesso em: 03 dez. 2001.

LEE, C. Y.; MASSEY JR., L. M.; BUREN, J. P. van. Effects of post-harvest and processing on vitamin contents of peas. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 47, p. 961-964, 1982.

LEE, S. C.; PROSKY, L.; DEVRIES, J. W. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method, Mes-TRI Buffer: collaborative study. **J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.**, Gaithersburg, v. 75, p. 395-416, 1992.

VOGEL, A. **Análise inorgânica quantitativa.** 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1981. 690 p.

NÚMERO DE POPULAÇÕES PARA CONSERVAÇÃO GENÉTICA *IN SITU* DE ESPÉCIES ARBÓREAS*

Alexandre Magno SEBBENN**

RESUMO

Este trabalho determina o número necessário de populações para a conservação *in situ* de espécies arbóreas. As estimativas dos tamanhos amostrais foram calculadas com base em medidas probabilísticas, assumindo populações em Equilíbrio de Hardy-Weinberg - EHW. Foram consideradas diferentes freqüências alélicas e suas proporções de ocorrência nas populações de uma espécie, como alelos comuns de ocorrência ampla, alelos comuns de ocorrência localizada, alelos raros de distribuição ampla e alelos raros localizados nas populações. A amostragem de alelos comuns ($q > 0,05$) de ocorrência ampla nas populações de uma espécie (ocorrem em pelo menos 25% das populações) depende, principalmente, da intensidade amostral adotada dentro das populações. Em populações em EHW, se 30 árvores forem mantidas em cada população, alelos comuns ($q > 0,05$) que ocorrem 50% a 75% das populações podem ser conservados, com 95% de probabilidade, em amostras de cinco a três populações, respectivamente. A amostragem de alelos comuns ($q > 0,05$) de ocorrência localizada (ocorrem em menos de 25% das populações) depende do número de populações e da intensidade amostral dentro das populações. Em populações em EHW, esses alelos podem ser retidos, com 95% de probabilidade, com a conservação de 14 populações, se pelo menos 30 indivíduos forem amostrados. Para conservar alelos muito raros ($p = 0,01$), de ocorrência localizada, por exemplo, que ocorrem em 20% das populações, são necessárias 32 populações.

Palavras-chave: amostragem de populações; espécies arbóreas; alelos raros; conservação genética; tamanho efetivo.

1 INTRODUÇÃO

As florestas são um reservatório imenso de matéria-prima para as indústrias madeireira, química e farmacêutica. A devastação florestal, decorrente da abertura de campos para a agropecuária e extração de madeira, vem ocasionando a extinção de espécies de reconhecido valor comercial (Kageyama & Dias, 1982; Nogueira *et al.*, 1986; Siqueira *et al.*, 1993). A importância econômica e social dessas florestas para a humanidade leva à necessidade de desenvolver estratégias para sua conservação. A conservação genética de uma espécie requer a preservação de

ABSTRACT

This work aims to recommend the population number for genetic conservation of forest tree species. Admitting populations in Hardy-Weinberg Equilibrium - HWE, sampling size estimations were calculated based on probabilistic measures. They were considered different allelic frequencies and their proportion of occurrences in populations of a species, at common, widespread alleles; common, local; rare, widespread, and rare, local. The sampling of the common alleles ($q > 0,05$) and wide occurrence in populations of species (occurring at least 25% of populations) depends on within populations sampling intensity. Five to three populations sampling in HWE can conserve, at 95% of probability, common alleles ($q > 0,05$) that occurring in 50% to 75% of populations of a species, if 30 individuals were maintained per population. Sampling of common alleles ($q > 0,05$) of restrict occurrence in populations (occurring in less 25% of populations) depends on number of populations sampled and sampling intensity within populations. Fourteen populations sampled can conserve these alleles, at 95% of probability, if 30 individuals were maintained per population. To conserve very rare alleles ($p = 0,01$), of localized occurrence, for example, occurring in 20% of populations, 32 populations are necessary.

Key words: sampling; forest tree species; rare alleles; genetic conservation; effective size.

amostras de várias populações com níveis mínimos de variabilidade genética que garantam sua sobrevivência em casos de mudanças ambientais, ataques de pragas e poluição. As florestas tropicais caracterizam-se pela alta diversidade de espécies arbóreas, sendo que cada espécie, em sua área de distribuição natural, é formada pelo conjunto de suas populações. Para conservar a variabilidade genética natural de essências florestais é necessário que o processo amostral considere sua distribuição geográfica total. Em espécies de ampla distribuição geográfica, o ideal é que a amostragem seja estratificada por ecorregiões, abrangendo todos os seus diferentes habitats.

(*) Aceito para publicação em junho de 2003.

(**) Instituto Florestal, São Paulo, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

A habilidade para amostrar um alelo depende de sua presença e freqüência na população (Marshall & Brown, 1975; Brown & Hardner, 2000). A distribuição de um alelo pode ser descrita por duas variáveis: freqüência e ocorrência. Em relação à freqüência, os alelos podem ser divididos em comuns ($\geq 0,05$) e raros ($< 0,05$). Potencialmente, um loco em uma população pode manter muitos alelos. Contudo, o número de alelos comuns em um loco, em uma população, é usualmente menor do que quatro e os alelos remanescentes são raros. Em relação à ocorrência, os alelos podem ser categorizados como alelos amplamente dispersos ou localizados em poucas populações (Brown & Hardner, 2000). Adams (1981) definiu que qualquer alelo que ocorre em pelo menos 25% das populações é amplamente disperso e em menos de 25% é localizado. Essas duas classificações resultam em quatro classes conceituais de alelos: a) comuns, amplamente dispersos; b) comuns, locais; c) raros, amplamente dispersos, e d) raros, locais (Marshall & Brown, 1975; Brown & Hardner, 2000).

Das quatro classes, os alelos comuns amplamente dispersos são os mais fáceis de amostrar, sendo representados em tamanhos amostrais pequenos, independente da estratégia de coleta adotada. Os alelos que são comuns e localizados são mais difíceis de amostrar do que os da primeira classe porque dependem da divergência genética entre as populações e o número de populações passa a ser um fator importante no tamanho final da amostra. Esta classe de alelos deveria ser prioridade na amostragem porque, provavelmente, inclui alelos que conferem adaptação para condições específicas. Os alelos da terceira classe, ou alelos raros amplamente dispersos, ocorrem em muitas populações, portanto sua captura depende mais do tamanho final da amostra do que do número de populações amostradas. A última categoria, alelos raros e localizados, é a mais difícil de amostrar porque depende, simultaneamente, do número de indivíduos amostrados dentro das populações e do número de populações avaliadas (Brown & Hardner, 2000).

Essas quatro categorias de alelos representam diferentes objetivos de conservação e, para cada uma, diferentes número de populações e número de indivíduos por população podem ser requeridos. Assim, objetiva-se neste trabalho determinar o número de populações necessárias à conservação genética *in situ*, com base na freqüência e proporção de ocorrência de um alelo-alvo nas populações de uma espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O número de populações necessárias para conservar uma espécie foi determinado assumindo populações em Equilíbrio de Hardy-Weinberg - EHW. Populações em EHW caracterizam-se por cruzamentos aleatórios, tamanho infinito, ausência de seleção, deriva genética e mutação e, por isso, as freqüências gênicas e genotípicas não se alteram com o passar das gerações (Falconer, 1987; Caballero, 1994).

Em populações em EHW, a probabilidade (\hat{P}) de amostrar um alelo de determinada freqüência (q), que ocorre com certa proporção (p) nas populações de uma espécie, quando S populações e n árvores/população são consideradas é, segundo Namkoong (1988):

$$\hat{P} = [(1-p) + p(1-q)^{2n}]^S \quad [1]$$

Assim, isolando-se S , obtém-se a expressão que determina o número de populações necessárias para reter um alelo de freqüência q , que ocorre com freqüência p , nas populações,

$$\hat{S} = \frac{\ln P}{\ln[(1-p) + p(1-q)^{2n}]} \quad [2]$$

O número de populações para a conservação genética *in situ* de uma espécie foi determinado simulando diversas freqüências alélicas e proporção de ocorrência do alelo-alvo nas populações da espécie e assumindo que as populações encontram-se em EHW. A probabilidade (P) de 95% ($\alpha = 0,05$) foi adotada arbitrariamente como referência. Foram consideradas três freqüências alélicas, alelos muito raros ($q = 0,01$), alelos raros ($q = 0,05$) e alelos comuns ($q > 0,05$), quatro tamanhos amostrais (n) intrapopulacionais, 15, 30, 50 e 100 e cinco proporções (p) de ocorrência dos alelos nas populações, 0,2, 0,25, 0,5, 0,75 e 1,0. Assim, para cada número de indivíduos amostrados dentro das populações estimou-se o número de populações necessárias para reter alelos de diferentes freqüências que ocorrem com diferentes proporções nas populações de uma espécie. Por exemplo, quantas populações são necessárias conservar para reter, com 95% de probabilidade, um alelo de freqüência 0,05, que ocorre em 50% das populações de uma espécie?

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assumindo populações em EHW e a probabilidade de 95%, são apresentadas na TABELA 1 as estimativas do número de populações (\hat{S}) necessárias para reter as diferentes classes de alelos, que ocorrem em diferentes proporções nas populações de uma espécie qualquer.

Quanto maior o número de indivíduos (n) amostrados por população, menor tende a ser o número de populações necessárias para reter as diferentes classes de alelos. O aumento no esforço amostral de 15 para 50 indivíduos/população reduz, substancialmente, o número de populações a amostrar, especialmente no caso de alelos muito raros (0,01). Por exemplo, se o objetivo for amostrar alelos de freqüência 0,01, que ocorrem em

25% das populações de uma espécie (amostragem de alelos raros, de ocorrência comum), se 15 árvores forem mantidas em cada população, será necessário conservar 45 populações, ou 17 populações, caso 50 árvores sejam mantidas por população, ou ainda, 13 populações quando 100 indivíduos por população são amostrados. No caso de alelos de freqüência 0,05, que ocorrem igualmente em 25% das populações, o aumento no esforço amostral intrapopulacional de 15 para 30 indivíduos, reduz em 21,4% o número de populações a amostrar. Acima desse número de indivíduos, não se verifica nenhuma grande vantagem amostral na retenção do alelo. Portanto, justifica-se aumentar o tamanho amostral dentro das populações, somente em casos nos quais o objetivo é conservar alelos muito raros ($q = 0,01$).

TABELA 1 – Número de populações (\hat{S}) necessárias para amostrar, com 95% de probabilidade ($\alpha = 0,05$), um alelo de freqüência q , que ocorre em p populações de uma espécie, quando são amostrados n (15, 30, 50 e 100) indivíduos/população.

p	$n = 15$			$n = 30$		
	$q = 0,01$	$q = 0,05$	$q > 0,05$	$q = 0,01$	$q = 0,05$	$q > 0,05$
0,20	56	18	17	32	15	14
0,25	45	14	13	25	11	11
0,50	22	6	6	12	5	5
0,75	14	4	3	8	3	3
1,00	10	2	2	5	1	1
$n = 50$						
p	$n = 50$			$n = 100$		
	$q = 0,01$	$q = 0,05$	$q > 0,05$	$q = 0,01$	$q = 0,05$	$q > 0,05$
0,20	23	14	14	16	14	14
0,25	18	11	11	13	11	11
0,50	8	5	5	6	5	5
0,75	5	3	3	3	3	3
1,00	3	1	1	2	1	1

Para conservar alelos comuns ($> 0,05$) de ocorrência localizada que, por exemplo, acontecem em 20% das populações, se 15 indivíduos/população forem mantidos, será necessário amostrar pelo menos 17 populações. Se o tamanho amostral for ampliado para 30 indivíduos/população, 14 populações já serão suficientes, e acima

deste número de indivíduos nenhum ganho na eficiência amostral é observado. Para o caso de alelos comuns ($q > 0,05$), de ocorrência ampla nas populações ($p \geq 0,25$), se o alelo ocorrer em 75% das populações e 30 indivíduos/população forem amostrados, três populações já serão suficientes para a sua conservação.

Alelos comuns de ocorrência localizada são importantes para a conservação de uma espécie porque, supostamente, garantem a adaptação à ambientes específicos, podendo ter grande valor em casos de mudanças ambientais bruscas ou mesmo como fonte de variabilidade genética para resistência ao ataque de pragas e doenças. A adoção dessa classe de alelos, como referência para determinar o número de populações para conservar uma espécie, como sugerida por Brown & Hardner (2000), implica em uma alta intensidade amostral, podendo garantir também a retenção de outras classes de alelos, como os alelos raros de ocorrência comum nas populações. Assim, sugere-se para a conservação genética *in situ* de uma espécie arbórea a preservação de pelo menos 14 populações para reter alelos de freqüência 0,05, que ocorrem localizados nas populações de uma espécie.

Os resultados apresentados na TABELA 1 também evidenciam que o número de populações necessárias para a conservação genética depende, primeiro, da proporção de ocorrência dos alelos nas populações, segundo, da sua freqüência alélica, e terceiro, do tamanho amostral retido em cada população. Por exemplo, considerando o caso do tamanho amostral de 15 indivíduos por população, o número de populações necessárias para reter um alelo de freqüência 0,01, que ocorre em 20% ($p = 0,2$) das populações, é de 56. Se o alelo ocorrer em 100% das populações, ou seja, um aumento em 5 vezes na sua proporção de ocorrência, serão necessárias 10 populações, logo, o tamanho amostral é 82,1% menor. Considerando ainda, o caso do tamanho amostral de 15 indivíduos por população, para alelos que ocorrem em 100% ($p = 1,0$) das populações (situação de maior redução no tamanho amostral), a opção de utilizar como alelo-alvo um com freqüência de 0,05, em vez de um alelo com freqüência 0,01, reduz o tamanho amostral em 80% (10 para 2 populações), ou seja, reduz menos o tamanho amostral do que a freqüência de ocorrência do alelo-alvo. Considerando agora o caso de um alelo de freqüência 0,01 que ocorre em 20% das populações, aumentando o tamanho amostral de 15 para 75 indivíduos por população, ou seja, aumentando em 5 vezes o tamanho amostral (n), o número de populações necessário para reter o alelo cai de 56 para 27, portanto, reduz o número de populações a amostrar em apenas 51,7%.

Constatou-se que a conservação de 14 populações, garante com 95% de probabilidade, a retenção de uma simples cópia de uma alelo de freqüência 0,05, que ocorre localizado em 20% das populações de uma espécie. Mas, para que a espécie seja efetivamente conservada, é importante que cada população mantenha um certo potencial evolutivo próprio, que possa fazer frente às possíveis mudanças ambientais que, por ventura, venham ocorrer, bem como tenha um tamanho mínimo que garanta sua sobrevivência diante de pressões sistemáticas e perturbações estocásticas. Shaffer (1981) cita quatro origens de incertezas pelas quais uma população pode estar sujeita: *i*) estocasticidade demográfica, que surge de eventos probabilísticos da sobrevivência e sucesso reprodutivo de um número finito de indivíduos; *ii*) estocasticidade ambiental, devido à variação temporal de parâmetros do habitat e a população de competidores, predadores, parasitas e doenças; *iii*) catástrofes naturais, tais como dilúvios, fogos, seca, etc., que podem ocorrer em intervalos aleatórios de tempo, e *iv*) estocasticidade genética, resultante de mudanças nas freqüências alélicas devido ao efeito fundador, fixação aleatória ou endogamia. Desses quatro fatores que podem levar uma população à extinção, apenas o último será discutido.

Se o tamanho das populações for muito pequeno (< 100), alelos e heterozigosidade (variabilidade genética) podem ser perdidos, as freqüências alélicas podem mudar de geração para geração (Frankel & Soulé, 1981; Ericksson, 1996) e a endogamia e a coancestria podem aumentar por deriva genética, com o passar das gerações (Lindgren *et al.*, 1996), podendo levar as populações à extinção. O potencial evolutivo intrapopulacional está diretamente associado ao tamanho efetivo de cada população (N_e). O tamanho efetivo é definido como o tamanho de uma população idealizada (população infinita, de cruzamentos aleatórios, onde a seleção, deriva genética, mutação e migração são excluídas) que teria a mesma quantidade de endogamia ou variância nas freqüências alélicas que a população sob consideração (Kimura & Crow, 1963). Frankel & Soulé (1981) determinaram que, para uma população de cruzamentos aleatórios sem sobreposição de geração não perder alelos e heterozigosidade, por deriva genética, a curto prazo (até 10 gerações), em locos com dois alelos, é necessário manter-se o tamanho efetivo na ordem de 50, por geração.

Se o objetivo for a conservação a longo prazo (100 gerações), segundo os autores, o tamanho das populações deve ser de 500. Esses valores têm sido criticados na literatura, por sua abordagem simplificada dos processos genéticos que podem ocorrer nas populações (Shaffer, 1981), e outros tamanhos têm sido sugeridos (Lande, 1995; Lynch, 1996; Yanchuk, 2001). Espécies arbóreas diferenciam da população ideal hipotetizada por vários aspectos; tais espécies muitas vezes admitem autofecundação e/ou reproduzem-se por misturas de cruzamentos aleatórios e biparentais, podendo as progênies comporem-se por misturas de irmãos de autofecundação, irmãos-completos e meios-irmãos (El-Kassaby & Jaquish, 1996; Mitton *et al.*, 1997; Ledig *et al.*, 1999; Burrows, 2000; Millar *et al.*, 2000; Sebbenn *et al.*, 2000; Butcher & Williams, 2002). O longo ciclo de vida dessas espécies permite que suas gerações se sobreponham e, aliado aos seus mecanismos de dispersão de sementes, próximas às matrizes, geram, algumas vezes, populações espacialmente estruturadas em famílias (Coles & Fowler, 1976; Chung *et al.*, 1999; Chung & Epperson, 2000; Giudice Neto & Kageyama, 2000; Epperson & Chung, 2001). Devido a essas características, Nunney & Campbell (1993) têm sugerido multiplicar os tamanhos efetivos de 50 e 500, determinado por Frankel & Soulé (1981), por duas a três vezes, o que corresponde ao tamanho efetivo de 100 a 150, para a conservação no curto prazo, e de 1.000 a 1.500, para a conservação no longo prazo. Estes últimos valores agregam-se ao tamanho efetivo de 1.000 definido por Lynch (1996) para manter o potencial adaptativo normal de uma população, para caracteres quantitativos sob efeito do balanço entre deriva genética e mutação, mas ainda são menores do que o tamanho efetivo de 5.000, determinado por Lande (1995), como necessário para manter por longo prazo uma alta variação genética nas populações de uma espécie.

Se as populações sob consideração encontram-se nas proporções do Equilíbrio de Hardy-Weinberg, o tamanho efetivo é igual ao número censo de indivíduos (N), pois não existe endogamia e nem parentesco; logo, 100, 150, 1.000 e 1.500 árvores adultas reprodutivas não endogâmicas e sem parentesco correspondem a igual tamanho efetivo. Mas, como anteriormente comentado, a sobreposição de gerações reduz o tamanho efetivo e 100, 150, 1.000 e 1.500 árvores podem, na prática, deter tamanho efetivo inferior a estes números.

Devido a isso, sugere-se como tamanho amostral para a conservação genética de alelos comuns ($q > 0,05$), de ocorrência localizada, a manutenção de pelo menos 14 populações de uma espécie arbórea, cada uma com pelo menos 150 árvores adultas reprodutivas, para conservação no curto prazo, e 1.500 árvores para conservação no longo prazo.

Uma das peculiaridades das espécies arbóreas é seu longo ciclo de vida que, em geral, dura de 20 a mais de 100 anos. Se tomarmos como referência uma espécie que vive 100 anos, e supondo que um indivíduo leve 20 anos para entrar em plena fase reprodutiva, portanto, no final de seu ciclo de vida, cinco gerações poderiam ter sido sobrepostas, 10 e 100 gerações correspondem a 200 e 2.000 anos, respectivamente.

É importante ressaltar que não basta conservar 14 populações localizadas em apenas uma pequena parte da distribuição natural da espécie sob consideração, porque se reduzem as chances de amostrar alelos adaptados às condições específicas de sua ocorrência. É necessário que as 14 populações sejam distribuídas de modo a cobrirem toda área de ocorrência da espécie, incluindo diferentes tipos climáticos, altitudinais e edáficos. Também, atenta-se para o fato de que este tamanho amostral é adequado às condições predefinidas nas estimativas, ou seja, que as populações encontram-se em Equilíbrio de Hardy-Weinberg e que o alvo da conservação é somente de uma cópia de um alelo raro de freqüência 0,05. Desvios destes princípios devem requerer outros tamanhos amostrais.

4 CONCLUSÕES

1. O número de populações para reter alelos raros localizados depende, em primeiro lugar, da proporção de ocorrência dos alelos nas populações da espécie alvo da conservação, em segundo, da freqüência do alelo-alvo da amostragem e, em terceiro, do tamanho amostral dentro de cada população.
2. Se as populações de uma espécie qualquer forem compostas por, pelo menos, 30 árvores e as freqüências gênicas e genotípicas estiverem nas proporções do Equilíbrio de Hardy-Weinberg, alelos comuns ($q > 0,05$) de ocorrência localizada (ocorrem em 20% das populações) podem ser retidos em uma amostra de, pelo menos, 14 populações.

SEBBENN, A. M. Número de populações para conservação genética *in situ* de espécies arbóreas.

5 AGRADECIMENTOS

O autor é extremamente grato ao M.Sc. João Del Giudice Neto e ao Prof. Dr. Maurício Sadrez dos Reis pela leitura e valiosas correções e sugestões no prévio manuscrito deste trabalho. O autor também agradece à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, W. T. Population genetics and gene conservation in Pacific Northwest conifers. In: SCUDDER, G. G. E.; REVEAL, J. L. (Ed.). **Evolution today**. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, Hunt Institute for Botanical Documentation, 1981. p. 401-415. (Proceedings of the Second International Congress of Systematic Evolution Biology).
- BROWN, A. H. D.; HARDNER, C. M. Sampling the gene pools of forest trees for *ex situ* conservation. In: YOUNG, A.; BOSHIER, D.; BOYLE, T. (Ed.). **Forest conservation genetics: principles and practice**. Australia: CSIRO Publishing, 2000. 352 p.
- BURROWS, G. E. Seed production in woodland and isolated trees of *Eucalyptus melliodora* (yellow box, Myrtaceae) in the South Western slopes of New South Wales. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 48, p. 681-685, 2000.
- BUTCHER, P. A.; WILLIAMS, E. R. Variation in outcrossing rates and growth in *Eucalyptus camaldulensis* from the Petford Region, Queensland; evidence of outbreeding depression. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 51, p. 65-72, 2002.
- CABALLERO, A. Developments in the prediction of effective population size. **Heredity**, Oxford, v. 73, p. 657-679, 1994.
- CHUNG, M. G.; CHUNG, J. M.; EPPERSON, B. K. Spatial structure of allozyme polymorphisms within populations of *Rhus trichocarpa* (Anacardiaceae). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 48, n. 5, p. 223-227, 1999.
- _____, EPPERSON, B. K. Spatial structure of allozyme polymorphisms in a populations of *Eurya japonica* (Theaceae). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 49, n. 1, p. 1-4, 2000.
- COLES, J. F.; FOWLER, D. P. Inbreeding in neighboring trees in two White Spruce populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 25, n. 1, p. 29-34, 1976.
- EL-KASSABY, Y. A.; JAQUISH, B. Population density and mating pattern in Western Larch. **Journal of Heredity**, Cary, v. 87, p. 438-443, 1996.
- EPPERSON, B. K.; CHUNG, M. G. Spatial genetic structure of allozyme polymorphisms within populations of *Pinus strobus* (Pinaceae). **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 88, n. 6, p. 1006-1010, 2001.
- ERIKSSON, G. A policy suggestion for conservation of Noble Hardwoods genetic resources in Sweden. In: TUTOCK, J. et al. **Noble Hardwoods network**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute – IPIGRI, 1996. p. 147-154. (Report of the first meeting 24-27 March, 1996, Escherode, Germany).
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279 p.
- FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327 p.
- GIUDICE NETO, J. D.; KAGEYAMA, P. Y. Estrutura genética espacial em populações naturais de *Machaerium villosum* Vog. (Leguminosae) na região de Moji-Guaçu, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 207-215, 2000.
- KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. de S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 782-791. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16-A, pt. 2, Edição especial).
- KIMURA, M.; CROW, J. F. The measurement of effective population number. **Evolution**, Lawrence, v. 17, p. 279-288, 1963.
- LANDE, R.; BARROCLOUGH, C. F. Effective populations size, genetic variation and their use in population management. In: SOULÉ, M. E. **Viable population for conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. p. 87-123.

SEBBENN, A. M. Número de populações para conservação genética *in situ* de espécies arbóreas.

LANDE, R. Mutation and conservation. **Conservation Biology**, San Francisco, v. 9, p. 782-791, 1995.

LEDIG, F. T. *et al.* Evidence for an extreme bottleneck in a rare Mexican pinion genetic diversity, desequilibrium and the mating system in *Pinus maximartinezii*. **Evolution**, Lawrence, v. 53, n. 1, p. 91-99, 1999.

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

LYNCH, M. A quantitative-genetic perspective on conservation issues. In: AVISE J. C.; HAMRICK, J. L. **Conservation genetics: case studies from nature**. New York: Chapman & Hall, 1996. p. 471-501.

MARSHALL, D. R.; BROWN, A. H. D. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. In: FRANKEL, O. H.; HAWKES, J. G. (Ed.). **Crop genetic resources for today and tomorrow**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. p. 53-80.

MILLAR, M. A. *et al.* Mating system studies in jarrah, *Eucalyptus marginata* (Myrtaceae). **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 48, p. 475-479, 2000.

MITTON, J. B.; LATTA, R. G.; REHFELDT, G. E. The pattern of inbreeding in washoe pine and survival of inbred progeny under optional environmental conditions. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, n. 4, p. 215-219, 1997.

NAMKOONG, G. Sampling for germoplasm collections. **Hortscience**, Alexandria, v. 23, p. 79-81, 1988.

NOGUEIRA, J. C. *et al.* Estudo de Progêneres e Procedências de *Pterogyne nitens* Tul. **Bol. Técn. IF**, São Paulo, v. 40-A, pt. 2, p. 357-366, 1986, Edição especial.

NUNNEY, L.; CAMPBELL, K. A. Assessing minimum viable population size: Demography meets population genetics. **Tree**, Victoria, v. 8, n. 7, p. 234-239, 1993.

SEBBENN, A. M. *et al.* Taxa de cruzamento em populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.: implicações para a conservação e o melhoramento genético. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58, p. 15-24, 2000.

SHAFFER, M. L. Minimum population sizes for species conservation. **Bioscience**, Baltimore, v. 31, n. 2, p. 131-134, 1981.

SIQUEIRA, A. C. M. de F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação de recursos genéticos *ex situ* de cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog. - Leguminosae. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-43, 1993.

YANCHUK, A. D. A quantitative framework for breeding and conservation of forest tree genetic resources in British Columbia. **Canadian Journal of Forestry Research**, Edmonton, v. 31, p. 566-576, 2001.

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Genipa americana* L. (RUBIACEAE) EM DUAS POPULAÇÕES DE MATA RIPÁRIA DO RIO MOJI-GUAÇU, SP*

Cybele de Souza Machado CRESTANA**

RESUMO

O trabalho visa ao conhecimento do padrão espacial de *Genipa americana* L., em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP, e faz parte de um estudo mais amplo sobre a biologia de reprodução que abordou a biologia floral, a fenologia, a dispersão de propágulos, o recrutamento de plântulas e a estrutura populacional da espécie. Foram utilizadas duas amostras iguais, de 20.900 m², em que se mapeou a ocorrência de *G. americana* L., diferenciando-se as populações de jovens e adultos masculinos e femininos. Foram determinados: a função de densidade, o padrão de distribuição espacial (Greig-Smith), as distâncias entre vizinhos mais próximos e o Índice de Segregação de Pielou. As populações mostraram densidade de 0,35 e 0,70 indivíduos/parcela, respectivamente; padrão de distribuição aleatório; distâncias médias de 8,45 m e 5,98 m entre vizinhos mais próximos, e segregação parcial entre adultos e jovens e entre adultos masculinos e femininos. Quanto às relações com os outros aspectos da biologia, esses resultados mostraram coerência com a dioicia, o alcance do vôo do polinizador, a distância entre plântulas e o parental mais próximo e com o esforço regenerativo da espécie, em face das características do ambiente ciliar.

Palavras-chave: *Genipa americana*, mata ripária; padrão de distribuição espacial.

1 INTRODUÇÃO

O padrão de dispersão (ou distribuição espacial) de uma população, na área que ela ocupa, não é freqüentemente regular. Mesmo em se tratando de habitat totalmente uniforme, o que raramente ocorre, e estando os membros da população nele distribuídos randomicamente, isto é, como se a posição de cada um fosse determinada ao acaso, sem influência das posições de seus companheiros, o padrão de dispersão, em detalhe, mostrar-se-á irregular. A maior parte dos padrões de dispersão não é do tipo uniforme,

ABSTRACT

The present work aims the knowledge of the spatial pattern of *Genipa americana* L., in two riparian forests populations of Moji-Guaçu river, SP, as a part of a study on reproductive biology, which approached floral biology, phenology, seedling dispersion, seedling recruitment and population structure of the species. Two identical samples of 20,900 m² were used, in which the occurrence of *G. americana* L. was mapped; male and female adult and juvenile populations were distinguished. The following parameters were determined: density role, spatial distribution pattern (Greig-Smith), distances between nearest neighbors and Pielou Segregation Index. The populations showed densities of 0.35 and 0.70 individuals/plots, respectively; random distribution pattern; mean distances of 8.45 m and 5.98 m between nearest neighbors, and partial segregation between adults and juveniles and between male and female adults. Concerning to other aspects of biology, these results showed agreement to dioecy, the range flight of the pollinator, distance between seedlings and the nearest parental, and with the regenerative effort of the species, according to the characteristics of the riparian environment.

Key words: *Genipa americana*, riparian forest; spatial distribution pattern.

nem mesmo casual, porém, exibe agrupamentos distintos localizados de forma irregular em uma área vazia ou escassamente ocupada. Esta situação pode refletir irregularidades do habitat, reforçadas pela reprodução dos organismos nos locais favoráveis; além disso, muitas espécies tendem a se agrupar, mesmo em áreas uniformes (Solomon, 1980).

Esta pesquisa teve como objetivo estudar o padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

(*) Aceito para publicação em junho de 2003.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um modo inicial de se trabalhar os dados de populações vegetais é através de estudos demográficos que descrevem sua estrutura, diferenciando e contrastando, quantitativamente, sexos ou classes etárias. Os resultados de tal categoria de estudos, se bem interpretados, permitem vários tipos de inferências sobre a comunidade: estágio de maturidade, grau de estabilidade, classe seral, capacidade de auto-regeneração e manutenção, em resposta a perturbações periódicas do meio. Permitem, ainda, através da altura e do diâmetro, inferir indiretamente sobre as espécies: seu tempo de vida e ritmo de desenvolvimento na seqüência dos diferentes "status" de idade (Barbour *et al.*, 1987). Associados a características ambientais como tipo de solo, microclima, temperatura, umidade, relevo, entre outras, refletem o nível de adaptação das espécies aos micro-habitats.

Outra preocupação quanto a estudos de comunidades vegetais é a de completar a descrição demográfica com a identificação de padrões de distribuição espacial, para a totalidade da população ou para sexos ou idades, em separado.

Métodos quantitativos têm sido desenvolvidos procurando utilizar inferência estatística para responder a três problemas básicos nesse campo: definir índices de dispersão indicadores de padrão aleatório, agrupado ou uniforme na distribuição espacial dos indivíduos; determinar, no caso de ocorrência de padrão agrupado, o tamanho do agrupamento; detectar distribuição associada ou não entre duas espécies ou entre dois grupos de idade, sexo ou tamanho dentro da mesma população. Clark & Evans (1954), Greig-Smith (1957), Pielou (1959; 1961), entre outros, criaram procedimentos de cálculo baseados no contraste entre distribuições de probabilidades esperadas a partir de pressupostos assumidos e as distribuições observadas dos indivíduos nas áreas sob estudo. Paralelamente, diferentes procedimentos amostrais têm sido estudados, e suas vantagens e limitações discutidas. São dois os procedimentos básicos de amostragem: pela definição de parcelas de coleta, dentro das quais as ocorrências de indivíduos são examinadas – Método de Parcelas – utilizado nos trabalhos de Greig-Smith (*op. cit.*), por exemplo, e pelo trabalho direto sobre as relações espaciais entre os indivíduos amostrados – Método de Distâncias – utilizado por Clark & Evans e Pielou (*op. cit.*).

No primeiro caso, a densidade é o ponto de partida para se pensar na distribuição espacial; no segundo, os mecanismos que regem as relações entre indivíduos e seus vizinhos.

As limitações ou dificuldades apontadas com relação ao Método de Parcelas consistem na influência da densidade e do tamanho das parcelas, que podem mascarar os padrões ou gerar erros na interpretação dos resultados. O esforço dos estudiosos tem sido dirigido, neste caso, para a criação de fatores de correção desses efeitos (Greig-Smith, 1957; Índice de Morisita, 1959).

Quanto ao Método de Distâncias, o esforço consiste em minimizar as dificuldades na amostragem, uma vez que os indivíduos que fazem parte da amostra e seus vizinhos, só podem ser escolhidos após levantamento completo da população, o que, no caso de certas comunidades vegetais, é tarefa particularmente trabalhosa e difícil. Uma variação do Método do Vizinho mais próximo foi criada por Pielou (*op. cit.*) e consiste em amostrar pontos aleatórios a partir dos quais são identificadas as plantas mais próximas e, então, tomadas as distâncias entre estas e seus vizinhos mais próximos.

Também na categoria de trabalhos sobre padrões de distribuição espacial, há autores que se dedicam à investigação de relações entre características da estrutura e padrão de agrupamento das populações, com a exploração do ambiente. Entre esses trabalhos está o de Forman & Hahn (1980) sobre padrões de distribuição espacial envolvendo 28 espécies arbóreas comuns e o mapeamento de cinco espécies "raras" em 4 ha de floresta semi-sempreverde, no Caribe, pelo Método das Distâncias do vizinho mais próximo. A análise apresenta como resultados a predominância de padrões agregados, com pequenas distâncias médias entre indivíduos da mesma espécie, o que, segundo os autores, parece prevalecer em florestas tropicais, e padrão de agregação com grandes distâncias entre árvores para as espécies "raras".

Ainda na mesma direção encontra-se a pesquisa de Silva & Lopes (1982) realizada em área de 35 ha na Flona – Tapajós, no Pará, buscando escolher uma unidade de amostra para inventários florestais. Pela análise da distribuição espacial de 11 espécies nativas, verificada através do Índice de Não-aleatoriedade de Pielou (1959), encontrou-se padrões de distribuição fortemente agrupados para nove espécies e aproximadamente aleatórios para as duas restantes, reforçando a crença de que a distribuição uniforme é rara em florestas tropicais.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

Outro exemplo se encontra nos estudos de Hubbell & Foster (1983) sobre o padrão de distribuição espacial de 33 espécies de dossel, em 50 ha de floresta úmida, no Panamá. Num contexto de conservação, os três tipos de padrão são examinados; destaca-se o padrão agregado para estudos de relações entre as espécies e o ambiente, e o detalhamento do efeito do tamanho e distância entre as parcelas sobre a composição dessas agregações, em termos de dominância e diversidade.

Leão (1988) avaliou a distribuição espacial de árvores adultas em 400 ha de floresta tropical, na Amazônia. Espécies como *Carapa guianensis* (Meliaceae) e *Eschweilera* sp. (Lecythidaceae) apresentam distribuição agrupada quando se considera toda a área inventariada, e dispersa quando a área considerada passa a ser 40 ha; *Gouania glabra* (Celastraceae), que tem distribuição agrupada nos 400 ha, mostra-se agrupada ou não quando se considera a metade desta área, e conforme o local de amostragem, mas, dispersa, se a área considerada for 40 ha, no local de agrupamento.

Como um segundo tipo nessa categoria destacam-se trabalhos sobre padrões de distribuição espacial que procuram explicá-los por variações no micro-habitat. Nakagima & Monteiro (1987) em trabalho realizado sobre duas espécies de *Styrax*, *S. camporum* e *S. ferrugineus* (Styracaceae) compararam suas ocorrências e padrões de distribuição espacial em duas áreas de cerrado no Estado de São Paulo, uma das quais sofrendo queimada anual. Usando o Índice R de Clark & Evans para determinação do padrão de distribuição espacial e o Método de Pielou para determinação da segregação e simetria entre as duas espécies, seus resultados revelaram a ocorrência das duas espécies somente na área não sujeita à queimada, com diferentes padrões de distribuição (fracamente agregada e uniforme, não segregadas e simétricas). Na área sujeita ao fogo, foi observada somente a ocorrência de *S. ferrugineus*, com padrão de distribuição uniforme, parecendo evidenciar a não resistência das sementes de *S. camporum* ao fogo.

A estrutura populacional, acrescida da verificação da distribuição espacial em termos de segregação de sexos, foi relacionada a quatro diferentes ambientes em pesquisa realizada por Meagher (1980) com a espécie dióica *Chamaelirium luteum* (Liliaceae).

Com o objetivo de examinar a distribuição de indivíduos masculinos e femininos à vista de variações ambientais, por meio da observação do número e distância dos três vizinhos mais próximos de árvores masculinas e femininas, o autor concluiu que a ocorrência de distribuição segregada se relaciona a condições específicas de ambiente.

Oliveira *et al.* (1989) avaliaram a distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* (Guttiferae) nos cerrados de Brasília. A pesquisa apresenta a análise estrutural pela distribuição de alturas e diâmetros, comparando indivíduos jovens e adultos, e a análise do padrão de distribuição espacial através do tamanho do agrupamento, para os mesmos indivíduos, associando esses resultados a níveis de variação edáfica e de cobertura vegetal. Os resultados mostram padrões agregados tanto para a população em geral como para plântulas e adultos em separado, e o tamanho do agrupamento correspondente a parcelas de 2500 m², pelo Índice de Morisita. Considerados todos os parâmetros e gradientes, os autores concluíram que esses fatores, isolados, não são suficientes para explicar a distribuição espacial da população, que é provavelmente fruto de interação destes e de outros fatores ambientais.

Como um terceiro tipo, encontram-se as pesquisas sobre padrões de agrupamento em que os autores buscam investigar relações entre características estruturais da população e padrões de distribuição espacial com aspectos da biologia das espécies como, por exemplo, síndromes de polinização, parâmetros fenológicos, padrões de dispersão de sementes, mecanismos de estabelecimento. Trata-se de pesquisas de conteúdo relacional abrangente e complexo, que vêm recebendo a denominação e estudos de dinâmica de populações.

Entre estas encontra-se a de Bawa & Opler (1977) sobre as relações espaciais entre indivíduos femininos e masculinos de quatro espécies dióicas: *Guarea luxii* (Meliaceae), *Randia spinosa* (Rubiaceae), *Triplaris americana* (Poligonaceae) e *Zanthoxylum setulosum* (Rutaceae), realizada na Costa Rica. Os autores experimentam relações de três ordens de eventos: estudos dos padrões de distribuição (em termos de segregação de sexos) associados ao modo de exploração dos recursos do ambiente pelas plantas e ao sistema de polinização das espécies.

Através do mapeamento de todos os indivíduos reprodutivos e tratamento dos dados segundo o Método do Vizinho mais próximo, os autores buscam saber: se há segregação espacial entre indivíduos masculinos e femininos; se o padrão de dispersão indica reprodução assexuada de um ou de ambos os sexos; se a correlação entre a distribuição espacial e fatores do ambiente particular é igual para os dois sexos. Como resultado, encontraram diferenças não significantes nas distribuições espaciais e ausência de segregação, levantando a hipótese de que a não segregação está associada a características sexuais de adaptação ao ambiente e possivelmente facilita a polinização, em nível ótimo, por polinizadores pequenos.

Destaca-se, dentro do mesmo tipo de pesquisa, a contribuição de Hubbell (1979) que focaliza a distribuição espacial, abundância e diversidade em uma floresta seca decídua na Costa Rica, summarizando resultados de grande número de estudos, aos quais acrescenta sua pesquisa com cinco novas espécies. Um grande número de questões é colocado abordando: o padrão de distribuição predominante nas populações adultas; a comparação entre o índice de agregação de adultos e de jovens; a correlação entre a distância entre os adultos e as densidades de adultos e jovens; as distâncias esperadas entre os adultos mais próximos; as relações entre a estrutura e o padrão de distribuição espacial e a raridade de uma espécie; a associação entre a densidade e o comportamento reprodutivo individual de árvores adultas; a associação entre os sistemas de dispersão de sementes ou de cruzamento e a abundância ou o padrão de distribuição. E ainda: que conclusões podem ser tomadas quanto ao "status" de equilíbrio ou não-equilíbrio da floresta, e como se comparam os padrões de abundância relativa nas florestas secas e úmidas.

A generalização de que espécies de florestas tropicais têm adultos espaçados (baixa densidade e distribuição uniforme) não se confirmou nos resultados da pesquisa de Hubbell (*op. cit.*). Todas as espécies investigadas mostraram-se agregadas ou de distribuição aleatória (72% e 28%, respectivamente), sendo as espécies "raras" mais agregadas do que as espécies "comuns". O sistema de cruzamento não se mostrou associado à abundância ou à dispersão das espécies, porém a agregação foi associada ao modo de dispersão de sementes. As densidades de jovens decrescem à medida que se distanciam dos adultos. Espécies "raras" exibem pobre performance reprodutiva em comparação com as espécies "comuns".

As explicações de Janzen (1970) e de Connell (1971) para a baixa densidade e uniformidade dos adultos e diversidade de florestas tropicais, baseadas na predação por hospedeiros específicos e mortalidades de plântulas sob a árvore matriz, são retomadas e acrescidas por Hubbell pela proposição de um modelo estocástico simples baseado em movimentos de imigração e extinção causados por perturbações periódicas na comunidade.

Hubbell (*op. cit.*) observa ainda que as consequências potenciais de uma dispersão uniforme e de baixa densidade em espécies tropicais podem incluir baixo sucesso de polinização cruzada, redução no tamanho do deme e necessidade de polinização a longa distância. Assim, a generalização de que a distribuição de adultos de espécies arbóreas tropicais é espaçada tem gerado um número de hipóteses sobre sistemas de cruzamento não usuais em árvores tropicais ou movimentos especiais dos polinizadores sobre longas distâncias. Parece, agora, que a maioria das espécies arbóreas tropicais é, facultativa ou obrigatoriamente, de sistema reprodutivo alógamo, e a freqüência de dioicia nas árvores tropicais é muito alta. Animais são os principais agentes de polinização cruzada, mais do que o vento.

Deve-se a Bullock (1982) importante pesquisa sobre a árvore dióica *Campsoneura sprucei* (Myristicaceae) realizada, também, na Costa Rica. A espécie é abordada sob o ponto de vista da estrutura populacional, acrescida da determinação do padrão de distribuição espacial. Esses resultados, por sua vez, são associados ao conhecimento sobre o sistema de reprodução e à fenologia de florescimento e frutificação. Bullock (*op. cit.*) descreve o comportamento fenológico da espécie, diferenciando os dois性es em termos de número de florescimentos por ano, número de inflorescências por árvore e número de flores por inflorescência, caracterizando concomitâncias nas ocorrências, com maior produtividade nas árvores masculinas. Quanto ao padrão de distribuição verificado pelo Índice de Clark & Evans, a espécie mostrou padrão não-agregado, isto é, não diferente do aleatório para a população geral e tendência à agregação para plântulas. Os índices de segregação calculados pelo Método de Pielou, entre indivíduos masculinos e femininos e entre adultos e jovens, evidenciam ausência de segregação, o que é compatível com o sistema reprodutivo alógamo e, segundo Bullock, parece ocorrer também com outras espécies dióicas estudadas no mesmo ambiente.

Platt & Hermann (1986) examinaram as relações entre síndrome de dispersão e características de uma população com 30 espécies arbóreas de dossel e subdossel, em 45 ha de floresta de clima temperado situada ao norte da Flórida e descrita em termos de fisionomia, abundância e distribuição espacial. Quanto às relações entre o modo dispersão e a população adulta, diferentemente do encontrado por outros autores, os resultados obtidos por Platt & Hermann (*op. cit.*) evidenciaram não existir associação entre o modo de dispersão de sementes e as características das espécies em nenhum dos estratos da floresta; não houve diferença, portanto, entre os efeitos da dispersão por vento ou animais na composição dos diferentes estratos, na proporção de espécies "raras" ou "comuns" ou no padrão de distribuição espacial, que para todas as espécies mostrou ser fracamente agregada na área estudada. Os autores sugerem que para a maior parte das populações florestais de grande porte, fatores de pós-dispersão e pós-estabelecimento influenciam, significativamente, o crescimento e a sobrevivência de plântulas e jovens, obliterando diferenças na distribuição espacial de adultos, que poderiam resultar de padrões de dispersão de sementes. Esses fatores podem ser agentes constantes, como predadores, ou perturbações ocasionais de grande e pequena escala, como é o caso das tempestades tropicais, ou da abertura de clareiras, por queda. Segundo Platt & Hermann (*op. cit.*) um importante fator representado pelo aumento de luz, provocado pela abertura de clareira, nem sempre é aproveitado, uma vez que o ritmo de crescimento, no caso de árvores grandes, não é suficientemente rápido para que a plântula ou uma nova árvore possa aí se estabelecer. Quanto à dominância, entretanto, os resultados evidenciaram associação com a síndrome, da seguinte maneira: para algumas das espécies estudadas a dispersão secundária, ou melhor, o comportamento do dispersor, no caso a dispersão espalhada realizada por esquilos e outros vertebrados como gaios ou ratos, é coerente com a distribuição de jovens, em baixas densidades sobre grandes áreas, mesmo a distâncias de 50 a 100 m do co-específico mais próximo. Os autores acrescentam que a dispersão espalhada de propágulos, aumentando a probabilidade de que as plântulas e as plantas jovens aproveitem a maior disponibilidade de luz resultante da abertura de clareiras, em conjunção com a persistência ou tolerância de plântulas e jovens para sobreviverem sob condições de sombreamento, parece favorecer a co-dominância das espécies nas áreas estudadas.

A tendência que se observa nestes últimos estudos, e que o trabalho de Platt & Hermann (*op. cit.*) evidencia fortemente, é a necessidade de se considerar a história de vida dos indivíduos e das espécies para a compreensão mais completa da dinâmica das populações. Isto é, a identificação do padrão de distribuição espacial apresentado pelas populações de adultos é relacionada a seu comportamento fenológico, reprodutivo e de dispersão de sementes, mas deve, também, ser contrastada com o padrão de distribuição espacial apresentado pelas populações de jovens e, se possível, de plântulas, relacionado, por sua vez, com os mecanismos de estabelecimento, com o caráter de tolerância ou não ao crescimento à sombra, a resistência à predação e à competição por nutrientes e por luz. Em resumo, o estudo dos padrões de distribuição espacial retoma a história de vida das espécies em um certo ambiente, e dá mais significado à sua capacidade de adaptação e regeneração, cujo efeito é evidenciado na estrutura demográfica da população em seu estado presente.

Mais recentemente, as pesquisas têm buscado a compreensão das relações entre a estrutura e o padrão de distribuição nas populações e os princípios que regem a sucessão, através do conhecimento dos estágios serais e que caracterizam o aspecto mais dinâmico das interações nos ecossistemas florestais.

Nessa perspectiva, encontra-se a pesquisa de Hubbell & Foster (1987), sobre a distribuição de jovens em clareiras no dossel e no sub-bosque em fase formativa e madura, realizada na floresta tropical da Ilha Barro Colorado, no Panamá. A partir de uma parcela permanente de 50 ha, que conta com mais de 300 espécies lenhosas com DAPs maiores que 1 cm, tem-se medido anualmente a altura do dossel e o número de estratos da vegetação, dados que vêm garantindo a observação anual de todas as clareiras novas existentes no dossel. As alturas do dossel estão classificadas em seis categorias que correspondem às etapas iniciais, médias e tardias na regeneração de clareiras. A distribuição de jovens de 20 espécies tem sido analisada para se avaliar a relação entre o estabelecimento das diferentes espécies e as clareiras recentes.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

Comentando que os padrões de distribuição de jovens entre as espécies diferem muito, Hubbell & Foster (1987) distinguem quatro padrões a que denominam “de sol”, “de sol parcial”, “indiferentes” e “de sombra”. Nas espécies de sol os jovens concentram-se em classes baixas de altura do dossel (clareiras); nas de sombra, concentram-se em classes de dossel alto (20 a 30 m); nas de sol parcial, em classes de dossel de alturas intermediárias, enquanto as indiferentes seguem a hipótese nula. Para os autores os resultados da pesquisa demonstram quatro pontos importantes, a saber: que existem grandes diferenças entre as espécies quanto às distribuições de jovens em clareira e sob dossel de várias alturas; que existem mais categorias além das “tolerantes” e “intolerantes” ou grêmios de regeneração em função das clareiras; que a correlação entre uma estrutura populacional (distribuição de diâmetros) com predominância de indivíduos adultos e a intolerância à sombra – e entre uma estrutura com predominância de jovens (J reverso) e a tolerância à sombra – é menos forte do que se acredita, e, que tanto as espécies pioneiras como as clímacas podem mostrar variação espacial considerável na estrutura da população de um local para outro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada em área de mata ciliar do rio Moji-Guaçu, denominada “Mata da Figueira”, na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, SP, situada entre os paralelos 22°15'S e 22°10'S e entre os meridianos 47°00'G.W. e 47°15'G.W., com altitude média de 680 m. O clima é caracterizado como úmido, mesotérmico, com pouco ou nenhum déficit hídrico, e grande excesso no verão, segundo a classificação de Thorntwaite citado por Struffaldi-De-Vuono *et. al.* (1982).

3.2 Distribuição Espacial

3.2.1 Amostragem

A distribuição espacial de indivíduos de *Genipa americana* foi estudada em duas amostras iguais, de 20900 m², distantes entre si em 50 m. A primeira, localizada próxima ao rio (a 20 m) em local mais baixo e mais úmido e alcançando a borda da mata, em trecho onde esta é mais estreita;

a segunda, distante do rio (a 100 m) e da borda, em local mais elevado e mais seco que a primeira (2 m), situada no interior da mata, e em trecho mais largo (Crestana, 2000).

Em cada amostra a área foi dividida em parcelas contíguas de 10 m x 10 m, perfazendo um total de 200 parcelas.

3.2.2 Parâmetros

Para cada amostra os dados foram analisados em termos de:

- mapeamento da ocorrência de *G. americana* diferenciando-se, na população total a população de indivíduos jovens, adultos masculinos e femininos;
- função de densidade: distribuição de freqüências para diferentes densidades de parcelas, cálculo da densidade média e erro padrão;
- determinação do padrão de distribuição espacial, ou índice de não-aleatoriedade, pelo cálculo da Razão Variância/média e teste de ajustamento à distribuição de Poisson (Greig-Smith, 1957).

Greig-Smith demonstrou, matematicamente, que a distribuição de Poisson é função de probabilidade que explica a distribuição de freqüências para diferentes densidades de parcelas, quando a distribuição espacial é aleatória. Ajustamentos ou desvios entre a distribuição observada e a distribuição de Poisson podem ser calculados e ter sua probabilidade conhecida.

Sabendo-se que uma das propriedades da distribuição de Poisson é a igualdade entre a variância e a média, uma fórmula simples de confrontar a distribuição observada com a distribuição de Poisson é através da Razão Variância/média. Isso equivale dizer que o ajustamento à distribuição de Poisson é medido pela diferença entre s^2/\bar{x} e o valor 1. Valores de s^2/\bar{x} maiores que a unidade, ($s^2/\bar{x} > 1$), são indicadores de agregação na distribuição observada, enquanto valores menores que a unidade ($s^2/\bar{x} < 1$), são indicadores de distribuição espacial uniforme ou regular.

A significância da diferença entre a razão observada e a unidade pode ser testada por meio de um teste “t”, usando-se a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{\sqrt{\frac{2}{N-1}}}$$

com N-1 graus de liberdade, onde N = número de indivíduos nas amostras.

O uso da Razão Variância/média como índice de não-aleatoriedade é recomendado, segundo Greig-Smith, na falta de método melhor, quando a média é muito baixa. Em razão dessa restrição, um segundo procedimento foi utilizado, ainda segundo Greig-Smith (1957), como teste de ajustamento dos dados observados à distribuição de Poisson, através do teste de χ^2 , onde as freqüências observadas nas diferentes densidades de parcelas são contrastadas com as que seriam esperadas segundo aquela distribuição teórica. Para cálculo usou-se a fórmula:

$$fe(\text{Poisson}) = (e^{-m})(n^x/x!) N,$$

onde:

N = número de parcelas;

x = número de plantas por parcela;

n = número médio de plantas por parcela, e

e = constante 2,71828...

d) cálculo das distâncias entre os vizinhos mais próximos, identificados por computador a partir das coordenadas de localização de cada indivíduo. Foram calculadas as distâncias entre os vizinhos mais próximos por meio da função

$$\overline{AB} = \sqrt{|X_B - X_A|^2 + |Y_B - Y_A|^2},$$

onde X_A e X_B são valores de abscissas para o par de indivíduos considerados e Y_A e Y_B valores de ordenadas para o mesmo par, e

e) cálculo do Índice de Segregação entre as populações de jovens e adultos e adultos masculinos e femininos, a partir da identificação dos pares de vizinhos, pelo Índice de Segregação S de Pielou.

Identificados os vizinhos mais próximos, é possível, pela utilização do Índice de Segregação entre espécies proposto por Pielou (1961), conhecer as relações entre os grupos de jovens e adultos e entre adultos de sexos diferentes nas duas populações.

Segundo Pielou, independentemente do padrão de distribuição apresentado por esses diferentes grupos, a segregação por si é facilmente detectada por uma investigação dos vizinhos mais próximos dos membros de uma população. Em uma população onde os indivíduos podem ser identificados em duas categorias, A e B, cada elemento pode ter por vizinho mais próximo um representante de sua mesma categoria ou da categoria oposta.

Cada uma das N relações ou pares de vizinhos cairá em uma das quatro categorias: AA, AB, BA e BB, onde a primeira letra denota a espécie ou categoria da árvore-base e a segunda, a de sua vizinha mais próxima. Assim, é possível comparar as proporções observadas e esperadas dos quatro tipos de relações entre vizinhos mais próximos por meio de uma Tabela de Contingência 2 x 2 e posterior aplicação de um teste χ^2 .

Supondo-se que os grupos sejam parcialmente segregados, a proporção de indivíduos de um grupo A (ou B) ter como vizinho mais próximo outro indivíduo também do grupo A (ou B) será menor do que o esperado se os dois grupos forem não segregados (dependentes ou coloniais). Quando a segregação é total nenhum indivíduo A terá um indivíduo B como vizinho mais próximo, e vice-versa.

Como uma medida do grau de segregação Pielou definiu a estatística S, tal que:

$$S = \frac{1 - \text{número observado de relações AB e BA}}{\text{número esperado de relações AB e BA}}$$

ou seja:

$$S = 1 - \frac{f_{AB} + f_{BA}}{N(a'b + b'a)},$$

onde $N(a'b + b'a)$ é calculada a partir das freqüências marginais, segundo a hipótese de independência.

S é igual a zero em uma população não-segregada e igual a um em uma população segregada ou independente.

4 RESULTADOS

As FIGURAS 1 e 2 representam as ocorrências de indivíduos jovens, adultos masculinos e femininos, respectivamente, nas amostras 1 e 2. Nota-se que a amostra 2 apresenta praticamente o dobro do número de indivíduos da amostra 1, com as densidades médias de 0,00703 indivíduos/m² e 0,00349 indivíduos/m², respectivamente.

Não foi possível, através do mapeamento, detectar visualmente tendência à agregação ou à aleatoriedade na distribuição espacial, quer se considere a totalidade da população ou os grupos de idade em separado.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

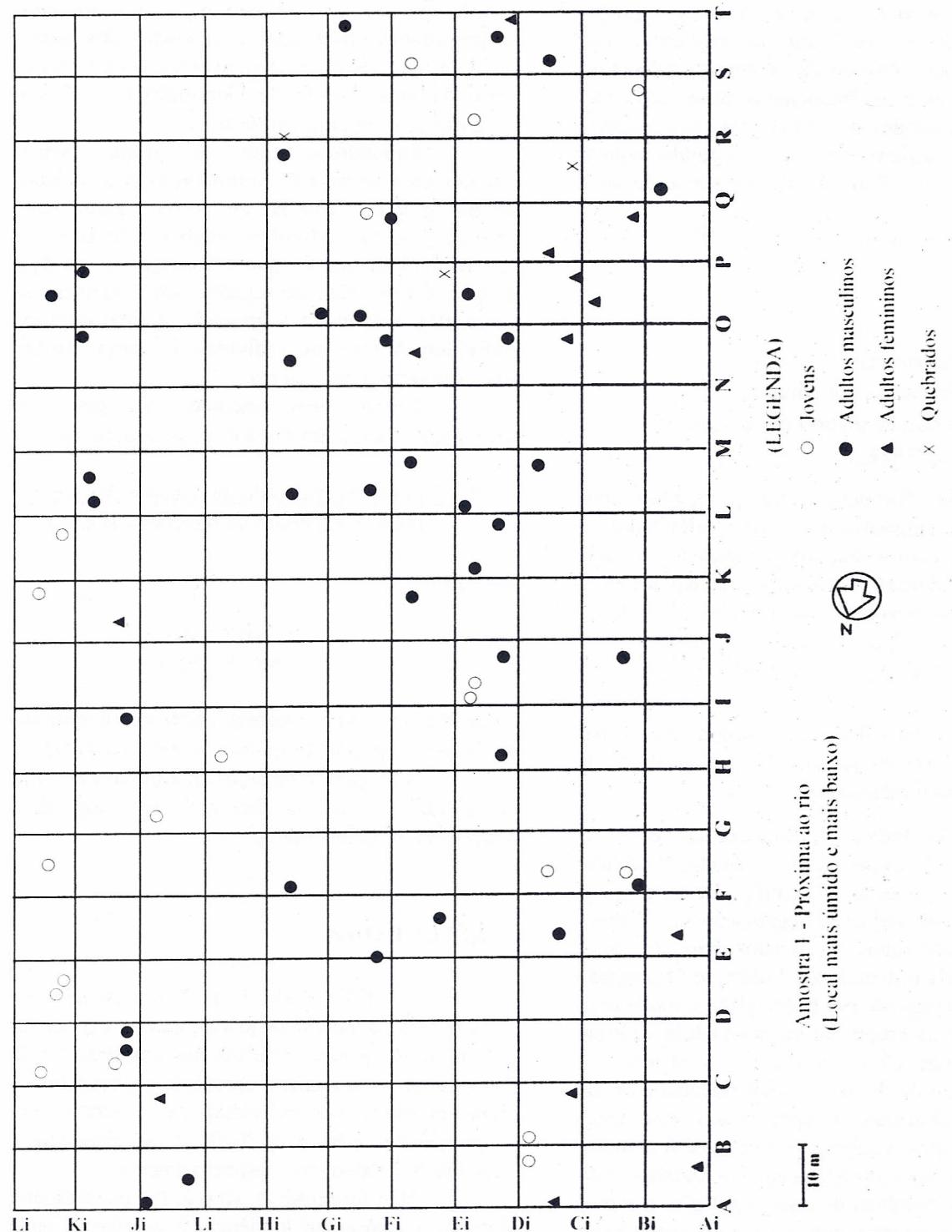


FIGURA 1 - Mapeamento da ocorrência de *G. americana* L., na amostra 1. Os pontos representam os indivíduos jovens, adultos masculinos e femininos, e quebrados.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

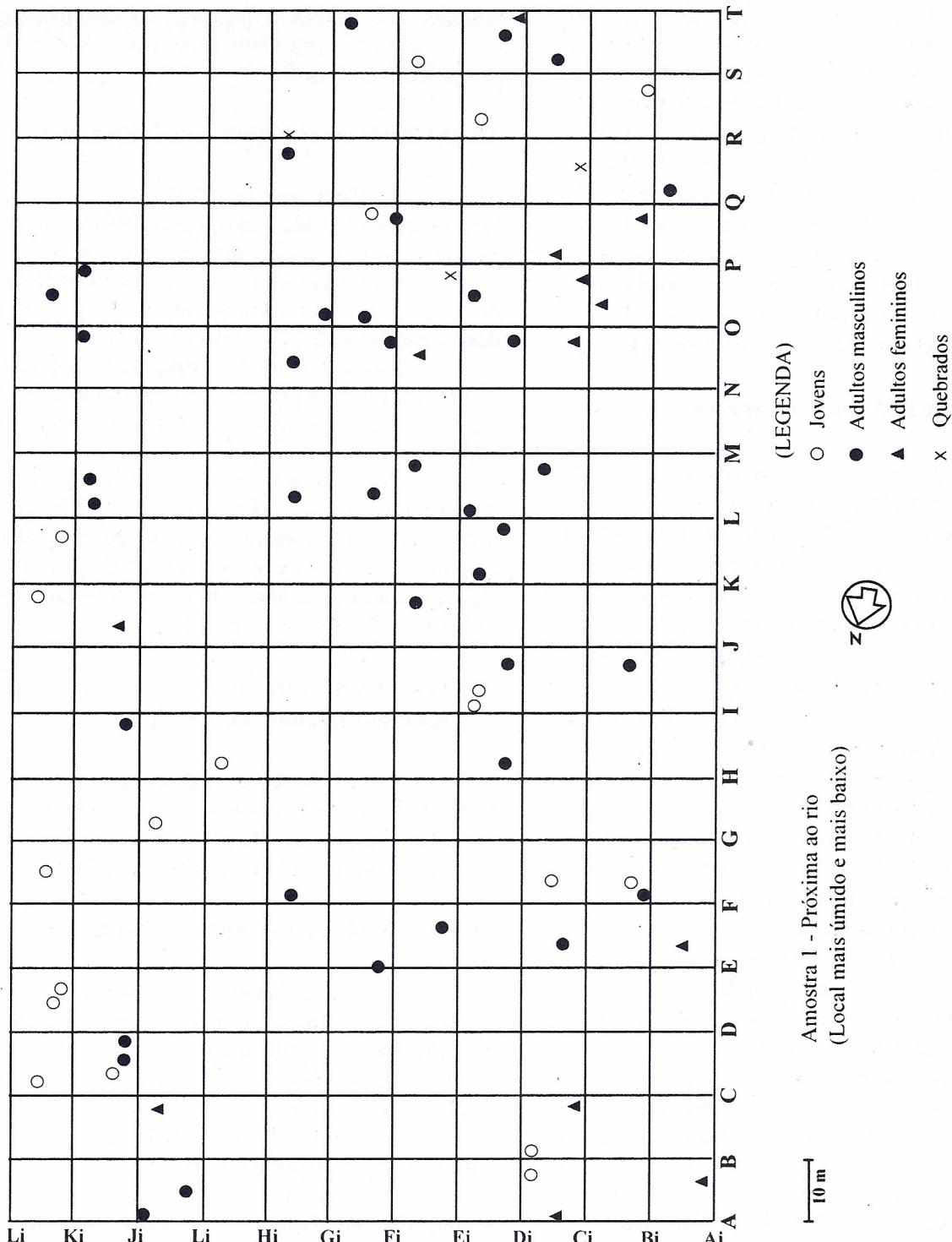


FIGURA 2 – Mapeamento da ocorrência de *G. americana* L., na amostra 2. Os pontos representam os indivíduos jovens, adultos masculinos e femininos, e quebrados.

4.1 Função de Densidade

Nas FIGURAS 3 e 4 são mostradas as funções que representam as distribuições de freqüências relativas para diferentes densidades de parcelas, variando de 0 a 5 o número de indivíduos observados por parcela, com área de 100 m².

Na amostra 1 verificou-se a densidade média de 0,35 indivíduos por parcela, com desvio padrão de 0,61. Os valores correspondentes, na amostra 2, são 0,70 indivíduos por parcela e 0,93 de desvio padrão. As funções de densidade, em ambas as amostras, principalmente na primeira, mostram que são mais freqüentes as parcelas com ocorrência baixa ou nula, com distribuição em forma de J reverso (Distribuição de Poisson).

4.2 Padrão de Distribuição Espacial

O padrão de distribuição espacial, em ambas as amostras, foi avaliado quanto à aleatoriedade ou não, pela medida de ajustamento à distribuição de Poisson, utilizando-se a distribuição de "t" para teste da Razão Variância/média, segundo o método de Greig-Smith (1957).

O valor de t, para a amostra 1, foi igual a 0,35, não significativo ao nível de 10% de probabilidade. Portanto, o resultado não rejeita a hipótese de aleatoriedade na distribuição espacial, segundo o modelo de Poisson.

No caso da amostra 2, o valor de t = 1,96 foi também não significativo ao nível de 10% de probabilidade. Portanto, o resultado não rejeita a hipótese de aleatoriedade na distribuição espacial, segundo o modelo de Poisson.

Um outro procedimento foi utilizado, ainda, de acordo com Greig-Smith (*op. cit.*), como teste de ajustamento dos dados observados à distribuição de Poisson, através do teste de χ^2 , onde as freqüências observadas nas diferentes densidades de parcelas são contrastadas com as que seriam esperadas, conforme aquela distribuição teórica.

No caso da amostra 1, o valor de χ^2 encontrado foi 0,5466. A probabilidade de $\chi^2 > 0,5467$, com 3 graus de liberdade é de 0,900 aproximadamente. O valor encontrado não rejeita a hipótese de aleatoriedade e confirma o resultado dado pelo método da Razão Variância/média.

No caso da amostra 2, o valor de χ^2 encontrado foi 0,1824. A probabilidade de $\chi^2 > 0,1824$, com 3 graus de liberdade, é de 0,975 aproximadamente. O valor encontrado também não rejeita a hipótese de aleatoriedade e confirma o resultado dado pelo método da Razão Variância/média.

4.3 Distância entre Vizinhos mais Próximos

A partir das coordenadas (x e y) de localização dos indivíduos nas parcelas, foram calculadas as distâncias entre os vizinhos mais próximos.

Para a amostra 1 as distâncias variaram de 1,12 m a 23,54 m, com média de 8,45 m e desvio padrão 4,62 (C.V. = 54,67%).

Para a amostra 2 a variação das distâncias entre vizinhos mais próximos foi de 0,05 m a 15,69 m, com média de 5,98 m e desvio padrão 3,56 (C.V. = 59,53%).

Conhecidas as diferentes densidades das duas amostras, as diferenças encontradas nas distâncias médias entre vizinhos são esperadas. Por sua vez, a variabilidade nas distâncias entre vizinhos confirma o resultado de aleatoriedade nos padrões de distribuição espacial.

4.4 Segregação entre Adultos e Jovens e entre Adultos Masculinos e Femininos

Aplicando-se o método proposto por Pielou (1961), a segregação ou a dependência entre os grupos é evidenciada por meio de um teste χ^2 , e o valor da segregação é dado pela estatística S.

4.5 Segregação entre Adultos e Jovens

No caso da amostra 1 o valor de χ^2 , com a correção de Yates, foi igual a 8,06 com 1 grau de liberdade, significativo ao nível de 5%, indicando segregação entre jovens e adultos na amostra considerada.

A medida da segregação, S = 0,33, é indicativa de segregação parcial.

Na amostra 2 o valor de $\chi^2 = 14,70$ com 1 grau de liberdade é significativo ao nível de 5%, novamente indicando segregação entre jovens e adultos.

A medida da segregação, dada por S = 0,32, indicou segregação parcial também para esta amostra.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

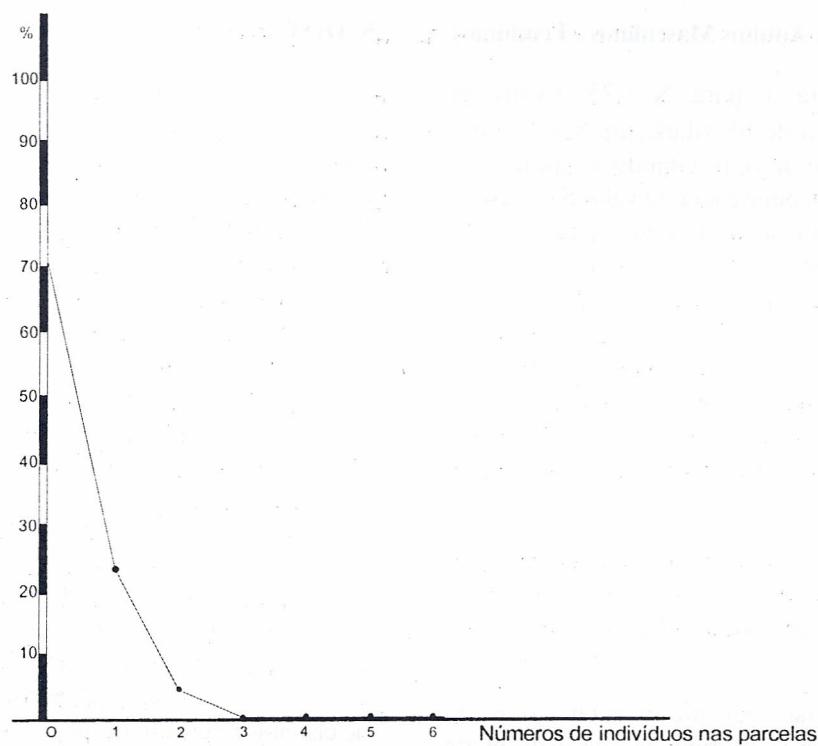


FIGURA 3 – Curva de freqüência de indivíduos de *G. americana* L., com o número de indivíduos nas parcelas de 100 m^2 , na amostra 1, localizada próxima ao rio.

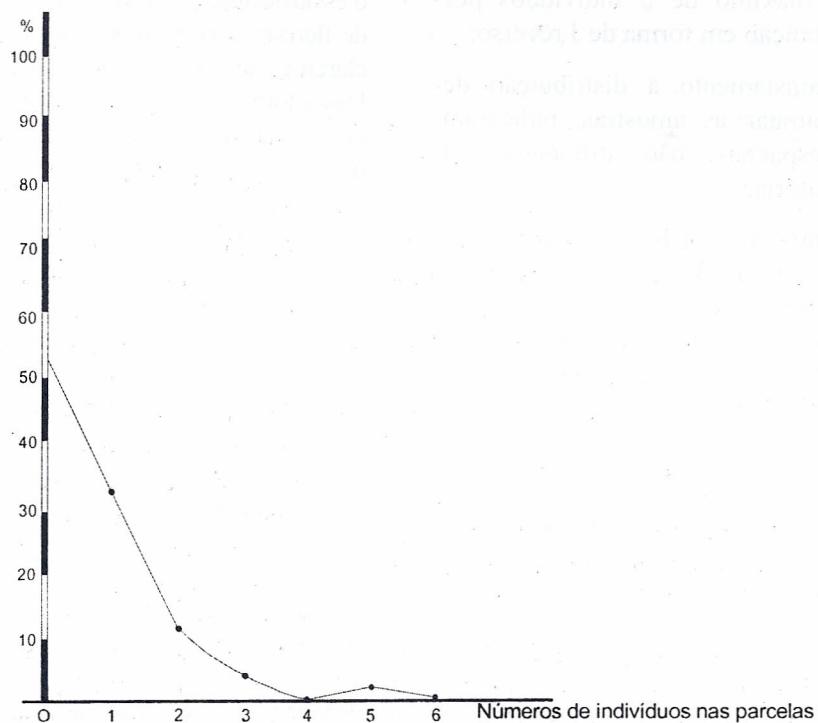


FIGURA 4 – Curva de freqüência de indivíduos de *G. americana* L., com o número de indivíduos nas parcelas de 100 m^2 , na amostra 2, localizada no interior da mata.

4.6 Segregação entre Adultos Masculinos e Femininos

Na amostra 1 para $N = 75$, o valor de $\chi^2 = 3,07$ com 1 grau de liberdade foi significativo ao nível de 10%, portanto, rejeitando a hipótese de não-segregação ou dependência. O valor $S = 0,2023$, entretanto, indicou que a segregação é parcial.

Na amostra 2 os resultados são semelhantes. Para $N = 150$, o valor de $\chi^2 = 3,5176$ com 1 grau de liberdade é significativo ao nível de 10%, indicando haver segregação. O valor $S = 0,2723$ indicou segregação parcial.

Em resumo, os estudos de distribuição espacial das duas populações amostrais mostram os seguintes resultados:

- pelo mapeamento fica evidenciada a diferença nas densidades, assim a amostra 2 apresenta, praticamente, o dobro de indivíduos observados na amostra 1;
- o mapeamento não permite detectar tendência à agregação ou à aleatoriedade nos padrões de distribuição espacial da população total ou de grupos etários ou de sexo;
- as funções de densidade mostram variação entre 0 e um máximo de 5 indivíduos por parcela, e distribuição em forma de J reverso;
- os testes de ajustamento à distribuição de Poisson, para ambas as amostras, indicaram distribuições espaciais não diferentes da distribuição aleatória;
- as distâncias entre os vizinhos mais próximos variaram de 1,12 m a 23,54 m, na amostra 1, com média 8,45 m e desvio padrão 4,62 (C.V. = 54,67%); na amostra 2 variaram de 0,05 m a 15,69 m, com média de 5,98 m e desvio padrão 3,56 (C.V. = 59,53%);
- os índices de segregação entre adultos e jovens, nas duas amostras, indicaram que há segregação, fraca, apenas parcial. O índice de segregação S , de Pielou, foi igual a 0,33 e 0,32, respectivamente, nas amostras 1 e 2, e
- nas populações adultas os resultados mostraram que há segregação entre árvores masculinas e femininas, mas também baixa, com $S = 0,20$ e $S = 0,27$, respectivamente, nas amostras 1 e 2, podendo-se afirmar que os dois grupos não mostram dependência, entretanto a segregação é fraca, tendendo a colonial.

5 DISCUSSÃO

O efeito de clareiras e de outros processos abióticos sobre a germinação e recrutamento foi discutido por autores como Brokaw & Scheiner (1989), Canham (1989) e Poulson & Platt (1989), em estudos comparativos sobre o desenvolvimento inicial de espécies pioneiras e tolerantes à sombra, de florestas tropicais e temperadas. Os resultados desses estudos mostraram que a variação de luz durante o estabelecimento inicial é mais importante nas espécies tolerantes, e em florestas tropicais. Assim, para espécies tolerantes, o padrão de distribuição entre indivíduos, no recrutamento, se reflete anos mais tarde na distribuição espacial da população.

Portanto, de *G. americana*, como espécie de estabelecimento dependente de clareiras pequenas e tolerante à sombra, pode-se esperar baixa densidade e distribuição esparsa na população.

Os estudos de Denslow (1980) sobre o regime de clareiras reforçam a explicação: em florestas tropicais úmidas clareiras pequenas ocorrem em maior freqüência do que clareiras grandes. Essa predominância, segundo a autora, é importante, pois o tamanho da abertura no dossel afeta o microclima da floresta e as condições para o estabelecimento, sendo possível observar, em cada tipo de floresta, a coexistência de árvores que dependem de clareiras de mesmo tamanho para se estabelecerem. Dessa forma, o tamanho de clareiras que predomina em uma certa floresta condiciona os tipos de árvores e a densidade de cada espécie nessa floresta. Nesse microclima as sementes são grandes e têm pequena capacidade de dormência; mas as plântulas são grandes, com sistema radicular profundo, e muitas folhas grandes. As mudas podem ter desenvolvimento muito lento no ano. Para Denslow (*op. cit.*), a dispersão de espécies especialistas em clareiras pequenas é fraca e a taxa de mortalidade das plântulas muito alta, o que configura, nas populações adultas da floresta, uma distribuição espacial pouco densa e bastante dispersa, ou “suficientemente uniforme”, na expressão de Pijl (1982).

Quanto à dispersão secundária, por fatores abióticos, focalizando a ação da água, Dirzo & Domínguez (1986) consideram que embora a flutuabilidade dos propágulos possa levá-los para longe da planta matriz, resultando em dispersão à longa distância, isso é altamente acidental, dependendo da coincidência entre períodos de flutuação do fruto e cheias ou inundações, da mortalidade dos propágulos durante o transporte e do encontro de condições favoráveis ao estabelecimento no lugar aonde a cheia os leva.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

A distribuição mais freqüente, no tempo e no espaço, das clareiras pequenas resulta, ao contrário, em populações “sem ondas” de recrutamento, que se manifestam como distribuição espacial aleatória, não-agregação entre gerações de jovens e adultos e curvas contínuas ou tendentes à normalidade nas distribuições de freqüência de idades. Configuram-se assim florestas com grande diversidade, compostas por muitas espécies e poucos indivíduos por espécie.

Reconhecendo que uma das importantes interações planta-animal nas regiões tropicais úmidas é a frugivoria, Martínez-Ramos & Álvarez-Buylla (1986) destacaram a coexistência de frugívoros mamíferos e pássaros, e de um grande número de espécies vegetais que produzem frutos carnosos ou sementes ariladas, e que podem levá-los a lugares distantes da planta matriz. Isso, associado a altos níveis de predação na vizinhança, permite que frutos e sementes alcancem locais de clareiras mais favoráveis ao estabelecimento.

Em *G. americana* pôde ser observado que a dispersão é dependente do conjunto de relações entre agentes bióticos e abióticos. É importante verificar, a seguir, os reflexos dessas ocorrências na população.

Os dados sobre densidade e padrão de distribuição espacial indicando aleatoriedade e distâncias médias de 8,45 m e 5,98 m entre indivíduos, podem ser contrastados com a pesquisa sobre espécies tropicais realizada também em área de 4 ha, no Caribe, por Forman & Hahn (1980). Nesse levantamento prevaleceram, na razão de 12:16, os padrões de distribuição agrupada com curtas distâncias entre árvores. Foram consideradas “curtas” as distâncias variando entre 10 m e 25 m.

A mesma tendência foi apontada por Silva & Lopes (1982) em mapeamento de 35 ha em floresta tropical brasileira: predominância de padrões de distribuição fortemente agrupados em 9 das 11 espécies nativas estudadas. De acordo com esses resultados, *G. americana* seria incluída entre os padrões de distribuição menos freqüentes em florestas tropicais.

Por outro lado, seguindo as pesquisas que levam em conta as relações entre os processos de dispersão e recrutamento, a fenologia e o sistema de polinização, a aleatoriedade associada à não-segregação entre grupos de idades e de sexos, tal como ocorre em *G. americana*, seria o padrão esperado nesse ecossistema.

Coloca-se nessa categoria a pesquisa de Bawa & Opler (1977) com *Randia spinosa* encontrada ao longo de rio de planície, na Costa Rica, que constatou aleatoriedade e não-segregação entre que constatou

aleatoriedade e não-segregação entre indivíduos masculinos e femininos favorecendo a polinização. Tratando-se de *G. americana*, as distâncias médias entre indivíduos são perfeitamente compatíveis com o alcance de vôo das mamangavas *Bombylius morio* e *Epicharis rustica flava*, insetos responsáveis pela polinização.

Destaca-se dentro do mesmo tipo de pesquisa a contribuição de Hubbell (1979) que focaliza a distribuição espacial, abundância e diversidade em uma floresta seca descídua na Costa Rica. A generalização de que espécies de florestas tropicais têm adultos espaçados (baixa densidade e distribuição uniforme) não se confirmou nos resultados de sua pesquisa. Todas as espécies investigadas foram de distribuição agregada ou aleatória (72% e 20%, respectivamente), sendo as espécies “raras” mais agregadas do que as “comuns”.

Deve-se a Bullock (1982) importante informação sobre a espécie dióica *Campsoneura sprucei* (Myristicaceae), realizada na Costa Rica. A espécie foi abordada sob o ponto de vista da estrutura populacional, acrescida da determinação do padrão de distribuição espacial. Esses resultados, por sua vez, foram associados ao conhecimento do sistema de reprodução e da fenologia de florescimento e frutificação. Bullock (*op. cit.*) descreveu o comportamento fenológico da espécie, diferenciando os dois sexos em termos de número de florescimentos por ano, número de inflorescências por árvore e número de flores por inflorescência, caracterizando concomitância nessas ocorrências, com maior produtividade nas árvores masculinas. Quanto ao padrão de distribuição, a espécie mostrou-se não-agregada, isto é, com padrão não diferente do aleatório para a população geral e tendência à agregação para plântulas. Os índices de segregação calculados pelo Método de Pielou (1961), entre indivíduos masculinos e femininos e entre adultos e jovens, evidenciaram ausência de segregação, o que é compatível com o sistema reprodutivo. Segundo Bullock (*op. cit.*), isso parece ocorrer também com outras espécies dióicas estudadas no mesmo ambiente. Grande parte desses resultados coincide com os obtidos para *G. americana*.

Platt & Hermann (1986) examinaram as relações entre síndromes de dispersão e as características de uma população, com 30 espécies arbóreas de dossel e subdossel, em 45 ha de floresta de clima temperado, situada ao norte da Flórida e descrita em termos de fisionomia, abundância e distribuição espacial. Esses autores mostraram não existir associação entre o modo de dispersão de sementes e as características das espécies em nenhum dos estratos da floresta.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

Os autores sugeriram que, para a maior parte das populações florestais de grande porte, fatores de pós-dispersão e pós-estabelecimento influenciam, significativamente, o crescimento e a sobrevivência de plântulas e jovens, isso obliteraria diferenças na distribuição espacial de adultos, que poderiam resultar de padrões de dispersão de sementes. Esses fatores podem ser agentes constantes, tais como predadores, perturbações ocasionais de grande ou pequena escala, como é o caso das tempestades tropicais, ou da abertura de clareiras por queda de árvores.

Quanto à dominância, entretanto, os resultados evidenciaram associação com a síndrome, da seguinte maneira: para algumas das espécies estudadas a dispersão secundária, no caso a dispersão espalhada realizada por esquilos e outros pequenos vertebrados, é coerente com a distribuição de jovens, em baixas densidades sobre grandes áreas, mesmo a distâncias de 50 m e 100 m do co-específico mais próximo. Os autores acrescentam que a dispersão espalhada de propágulos, aumentando a probabilidade de que as plântulas e as plantas jovens aproveitem a maior disponibilidade de luz resultante da abertura de clareira, em conjunção com a persistência ou tolerância de plântulas e jovens, parece favorecer a co-dominância das espécies nas áreas estudadas.

O trabalho de Platt & Hermann (1986) evidencia a necessidade de se considerar a história de vida dos indivíduos e das espécies, para compreensão mais completa da dinâmica das populações. A identificação do padrão de distribuição espacial apresentado pelas populações de adultos é relacionada a seu comportamento fenológico, reprodutivo e de dispersão de sementes. Também deve ser contrastada com o padrão de distribuição espacial apresentado pelas populações de jovens e, se possível, de plântulas, relacionado, por sua vez com os mecanismos de estabelecimento, com o caráter de tolerância ou não, crescimento à sombra, resistência à predação e à competição por nutrientes e por luz.

Em resumo, o estudo dos padrões de distribuição espacial retoma a história de vida das espécies em um certo ambiente, e dá mais significado à sua capacidade de adaptação e regeneração, cujo efeito é evidenciado na estrutura demográfica da população em seu estado presente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOUR, W. G.; BURK, J. H.; PITTS, W. D. **Terrestrial plant ecology**. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1980. 604 p.
- BAWA, K. S.; OPLER, P. A. Spatial relationships between staminate and pistillate plants of dioecious tropical trees. **Evolution**, Boulder, v. 31, p. 64-68, 1977.
- BROKAW, N. V. L.; SCHEINER, S. M. Species composition in gaps and structure of a tropical forest. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 3, p. 538-541, 1989.
- BULLOCK, S. H. Population structure and reproduction in the neotropical dioecious tree *Campsoneura sprucei*. **Oecologia**, Berlin, v. 55, p. 238-242, 1982.
- CANHAM, C. D. Different responses to gaps among shade-tolerant tree species. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 3, p. 548-550, 1989.
- CLARK, P. J.; EVANS, F. C. Distance to nearest neighbor as a measure of special relationship in populations. **Ecology**, Durham, v. 35, p. 445-453, 1954.
- CONNEL, J. A. On the role of natural essences in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rainforest trees. In: BOER, P. J. den; GRADWELL, G. R. (Ed.). **Dynamics of populations**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1971. p. 298-312.
- CRESTANA, C. de S. M. Estrutura populacional de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em mata ripária do rio Moji-Guaçu, em Cochal, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 105-117, 2000.
- DENSLAW, J. S. Gap partitioning among tropical rainforest trees. **Biotropica**, St. Louis, v. 12, p. 47-55, 1980.
- DIRZO, R.; DOMÍNGUEZ, C. A. Seed shadow, seed predation and the advantages of dispersal. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. cap. 19, p. 237-249.
- FORMAN, R. T. T.; HAHN, D. C. Spatial patterns of trees in a Caribbean semi evergreen forest. **Ecology**, Durham, v. 61, n. 6, p. 1267-1274, 1980.

CRESTANA, C. de S. M. Padrão de distribuição espacial de *Genipa americana* L. (Rubiaceae) em duas populações de mata ripária do rio Moji-Guaçu, SP.

GREIG-SMITH, P. **Quantitative plant ecology**. London: Butterworths Scientific Publications Limited, 1957. 198 p.

HUBBELL, S. P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, Washington, DC, v. 203, n. 4387, p. 1299-1309, 1979.

_____.; FOSTER, R. B. Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implications for conservation. In: SUTTON, S. L.; WITHMORE, T. C.; CHADWICK, A. C. (Ed.). **Tropical Rain Forests**: ecology and management. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1983. p. 25-41. (Publication of British Ecological Society, 1).

_____. La estructura espacial en gran escala de un bosque neotropical. **Rev. Biol. Trop.**, San Jose, v. 35, p. 7-22, 1987. (Suplemento, 1).

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

LEÃO, N. V. M.; OHASHI, S. T.; KAGEYAMA, P. Y. Distribuição espacial dos indivíduos de espécies arbóreas da Amazônia. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 39., 1988, Belém. **Resumos...** Belém: Sociedade Botânica do Brasil, 1988. p. 227.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; ÁLVAREZ-BUYLLA, E. Seed dispersal, gap dynamics and tree recruitment: the case of *Cecropia obtusifolia* at Los Tuxtlas, Mexico. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. cap. 25, p. 333-346.

MEAGHER, T. R. Population biology of *Chamaelirium luteum*, a dioecious lily. I. Spatial distributions of males and females. **Evolution**, Boulder, v. 34, p. 1127-1137, 1980.

MORISITA, M. Measuring of the dispersion of individuals and the analysis of distributional patterns. **Mem. Fac. Sci. Kyoto University Series of Biology**, Kyoto, v. 2, p. 215-235, 1959.

NAKAGIMA, J. N.; MONTEIRO, R. Padrões de distribuição espacial de espécies de *Styrax* (Styracaceae) de cerrado. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, v. 30, n. 3, p. 419-430, 1987.

OLIVEIRA, P. E. A. M.; RIBEIRO, J. F.; GONZALES, M. I. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. **Revta. Bras. Bot.**, São Paulo, v. 12, p. 39-47, 1989.

PIELOU, E. C. The use of point to plant distances in study of pattern of plant populations. **The Journal of Ecology**, Oxford, v. 47, n. 3, p. 607-613, 1959.

_____. Segregation and symmetry in two species populations as studied by nearest - neighbor relationships. **The Journal of Ecology**, Oxford, v. 49, p. 255-269, 1961.

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

PLATT, W. R.; HERMANN, S. M. Relationships between dispersal syndrome and characteristics of populations of trees in a mixed – species forest. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T. H. (Ed.). **Frugivores and seed dispersal**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. cap. 23, p. 309-321.

POULSON, T. L.; PLATT, W. J. Gap light regime influence canopy tree diversity. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 3, p. 553-555, 1989.

SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. **Distribuição espacial de árvores na floresta nacional de Tapajós**. Belém: EMBRAPA C.P.A.T.U., 1982. 14 p. (Circular Técnica. EMBRAPA C.P.A.T.U., 26).

SOLOMON, M. E. **Dinâmica de populações**. São Paulo: EPU, 1980. v. 3, 78 p. (Temas de Biologia).

STRUZZALDI-DE-VUONO, Y.; BARBOSA, L. M.; BATISTA, E. A. A reserva biológica de Mogi-Guaçu. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 548-558. (Silvic. São Paulo, São Paulo, v. 16-A, pt. 1, Edição especial).

RECRUTAMENTO E FITOSSOCIOLOGIA DE UM REFLORESTAMENTO COM ESPÉCIES NATIVAS E EXÓTICAS DE CINQUENTÃO ANOS DE IDADE, EM PIRACICABA, SP*

Edegar GIANNOTTI**
Cybele de Souza Machado CRESTANA**
Demétrio Vasco de TOLEDO FILHO**
Eduardo Amaral BATISTA**

RESUMO

Realizou-se na Estação Experimental de Tupi, Piracicaba, SP, o estudo fitossociológico de um reflorestamento instalado em 1952. Ocorridos 50 anos, o número de espécies aumentou significativamente, e o estabelecimento de espécies novas, chegadas por zoocoria, foi duas vezes maior que o devido à anemocoria/barocoria. No período considerado, o reflorestamento alcançou uma diversidade próxima à dos fragmentos naturais do Sudeste do Brasil, bem como capacidade de auto-sustentação. *Piptadenia gonoacantha* e *Schizolobium parahyba* foram as espécies que apresentaram maiores índices de valor de importância. São discutidos, ainda, aspectos relacionados com as condições do solo, espécies com distribuição rarefeita e interações flora/fauna que contribuíram com os resultados da pesquisa.

Palavras-chave: árvores tropicais; dinâmica; dispersão.

1 INTRODUÇÃO

O Instituto Florestal possui, em algumas unidades de conservação e de produção, no estado de São Paulo, inúmeros talhões de espécies nativas, plantados entre 1930 e 1960, antes do advento de impulso aos reflorestamentos com *Pinus*, iniciados na década de 60. Esses talhões, implantados nos antigos Hortos Florestais de Mogi-Mirim, Santa Rita do Passa Quatro, Tupi e São Paulo (Vila Amália) com o objetivo inicial de proteger o solo, formar coleções em arboretos e realizar estudos dendrométricos com espécies nativas, constituem, atualmente, precioso patrimônio para estudos científicos. Decorridos setenta anos da implantação, tais coleções, formadas por espécies nativas e exóticas, são hoje utilizadas para estudos de sucessão vegetal, dinâmica de população e dispersão natural.

De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Brasil *apud* Barbosa

ABSTRACT

A phytosociological study from a reforestation established in 1952 has been developed at Tupi Experimental Station, Piracicaba, SP. It was observed that 50 years later the amount of species has significantly increased, and dispersal by onithochory/zoochory was twice as great as the one concerning to anemochory/barochory. During the considered period the original reforestation reached a diversity close to those from natural fragments from Southeast Brazil, as well as self-supporting capacity. *Piptadenia gonoacantha* e *Schizolobium parahyba* were the most important species. The research also shows information about soil conditions, species with less dense distribution as well overall data on the area and animal/plant interactions.

Key words: tropical trees; dynamics; dispersal.

& Mantovani, 2000) restauração subentende restituição do ecossistema ou de uma população silvestre degradada em um nível o mais próximo possível de sua condição original, enquanto reabilitação é a restituição de parte das funções ecológicas desse ecossistema. Carpanezzi (1996) considera ecossistema perturbado aquele que sofreu distúrbio, mas dispõe de recursos bióticos, como bancos de sementes e de plântulas, para recuperar-se em período de tempo aceitável.

Segundo Rodrigues & Gandolfi (2000), a recuperação de ecossistemas degradados é uma atividade muito antiga, tendo sido executada, inicialmente como prática agronômica de plantio de mudas com os objetivos específicos de proteger o solo, estabilizar os taludes e melhorar o aspecto local. Atualmente, essa atividade representa uma área de conhecimento denominada restauração ecológica, cujo objetivo é proteger todo o meio ambiente, considerando sua dinâmica, diversidade e as interações com a fauna.

(*) Aceito para publicação em junho de 2003.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

Para Kageyama & Gandara (2000), a partir dos anos 80 o uso de espécies arbóreas pioneiras em plantios mistos, para criar condições de sombreamento às espécies dos estádios posteriores da sucessão, foi o passo decisivo para a criação de modelos para restauração de florestas naturais.

O objetivo do presente estudo foi observar a dinâmica existente entre as espécies plantadas e a regeneração natural, os agentes dispersores que atuaram nesse conjunto, as interações com a fauna e os parâmetros fitossociológicos, numa área reflorestada há 50 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Experimental de Tupi está localizada entre as latitudes 22°43' e 22°44'S e as longitudes 47°32' e 47°31'W, no município de Piracicaba (SP), com altitude média de 515 m. O clima apresenta precipitação anual média de 1.351 mm, temperatura média anual de 20,9°C, déficit hídrico de 19 mm, sendo classificado como Cwa de Köppen, quente de inverno seco (Veiga, 1975).

Os tipos de solos encontrados na unidade, segundo Vidal Torrado (1994), são o Podzólico Vermelho Escuro álico e o Podzólico Vermelho Amarelo álico, ambos de pouca profundidade e baixa fertilidade, com textura arenosa média. A topografia é ondulada, e em alguns pontos apresenta declives sujeitos à erosão. A cobertura primitiva era floresta estacional semideciduosa (Veloso et al., 1991).

A área em que foi realizado o estudo pertenceu ao Instituto Agronômico até 1948, e foi explorada com culturas anuais de cereais, utilizando-se técnicas rudimentares de conservação que causaram a erosão do solo (Pinheiro et al., 1999). Em 1952, já pertencendo ao Instituto Florestal, instalou-se no local uma coleção de espécies arbóreas nativas e exóticas, plantadas em linhas homogêneas para cada espécie, numa área de 1,66 ha. Não há registro do número de indivíduos plantados, do espaçamento adotado, nem de outras informações sobre o plantio.

Decorridos cinqüenta anos sem que o talhão tenha sofrido desbaste ou corte seletivo, realizou-se o presente estudo com o objetivo de se observar a recomposição natural da área reflorestada quanto à sua composição e estrutura. As informações sobre o provável sistema de dispersão das espécies recrutadas foram baseadas em Lorenzi (1992; 1998),

recrutadas foram baseadas em Lorenzi (1992; 1998), Leitão Filho et al. (1994), Tabarelli et al. (1993) e Mariano et al. (2000).

Quanto às espécies desconhecidas, marcaram-se os indivíduos dentro das parcelas e coletou-se material botânico para formar exsicatas, posteriormente enviadas ao Herbário D. Bento José Pickel, do Instituto Florestal de São Paulo, para identificação.

Na amostragem da área reflorestada foram instaladas 35 parcelas de 100 m² (10 m x 10 m), medindo-se e identificando-se todos os indivíduos lenhosos com CAP ≥ 10,0 cm (DAP = 3,2 cm).

A análise fitossociológica baseou-se no método de Müller-Dombois & Ellenberg (1974) e o Índice de Diversidade (H'), na fórmula de Shannon, descrita por Pielou (1975).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Levantamento Florístico

A metodologia empregada mostrou-se eficiente na avaliação do estudo, incluindo todos os indivíduos adultos e jovens do sub-bosque, principalmente os das espécies recrutadas.

A TABELA 1 apresenta as espécies identificadas no levantamento, incluindo aquelas inicialmente plantadas e as recrutadas de fora da área ou da auto-regeneração do reflorestamento, bem como o provável sistema de dispersão.

Nas 35 parcelas foram amostrados 913 indivíduos, distribuídos em 32 famílias, totalizando 90 espécies. Destas, 30 foram inicialmente plantadas em 1952, sendo 24 nativas e 6 exóticas. Foram recrutadas, ao longo desse tempo, 60 espécies sendo 3 exóticas (TABELA 1). Tal diversidade e dinâmica muito provavelmente se devem aos fragmentos de floresta existentes nas proximidades, que contribuíram como fonte de propágulos, e à interação com a fauna.

Dentre as famílias com maior número de espécies, observou-se que as recrutadas ocorreram em maior quantidade que as plantadas, ou seja: Fabaceae (quatro espécies plantadas e sete recrutadas); Myrtaceae (quatro e sete); Mimosaceae (duas e seis); Euphorbiaceae (duas e quatro); Meliaceae (uma e três), e Sapindaceae (zero e cinco), com exceção das famílias Caesalpiniaceae e Rutaceae, nas quais houve equilíbrio (três espécies plantadas e três recrutadas).

TABELA 1 – Espécies observadas em Tupi.

TABELA 1 – Espécies observadas em Tupi.

Família	Nome Científico	Nome popular	Plantada/Recrutada	Sistema de dispersão
Annonaceae	<i>Rollinia parviflora</i> St.Hil.	araticum	recrutada	zoo/barocoria
	<i>Rollinia sylvatica</i> (St. Hil.) Mart.	araticum-da-mata	recrutada	zoo/barocoria
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell. Arg.	peroba-rosa	plantada	anemocoria
	<i>Aspidosperma pyricollum</i> Muell. Arg.	guatambu-mirim	recrutada	anemocoria
	<i>Aspidosperma ramiflorum</i> Muell. Arg.	guatambu	plantada	anemocoria
	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i> Miers	leiteiro	recrutada	zoocoria
	<i>Rauvolfia sellowii</i> Muell. Arg.	casca-d'anta	recrutada	zoocoria
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Ktze.	pinheiro-do-paraná	plantada	zoocoria
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm.	coco-jerivá	plantada	zoocoria
Bignoniaceae	<i>Tabeaia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	ipê-roxo	recrutada	anemocoria
Bombacaceae	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	paineira	plantada	anemocoria
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robins	imbiruçu	plant./recrut.	anemocoria
Boraginaceae	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	café-de-bugre	recrutada	zoocoria
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Stendl	louro-pardo	plant./recrut.	anemocoria
Caesalpiniaceae	<i>Bauhinia forficata</i> Link	pata-de-vaca com espinho	recrutada	barocoria
	<i>Cassia leptophylla</i> Vog.	cássia-leptoífila	recrutada	barocoria
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	óleo-de-copaíba	recrutada	zoocoria
	<i>Holocalyx balansae</i> Mich.	alecrim-de-campinas	plant./recrut.	zoocoria
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taubert	ibirá-putiá	plantada	anemocoria
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	amendoim-bravo	plantada	anemocoria
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	plantada	anemocoria
Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	embaúba	recrutada	zoocoria
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Muell. Arg.	tapiá	recrutada	zoocoria
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	recrutada	zoocoria
	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	andá-açu	plant./recrut.	barocoria
	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M.Johns	canxim	recrutada	barocoria
	<i>Pera glabrata</i> (Schott.) Bail.	péra	recrutada	zoocoria
	<i>Securinega guaraiuva</i> Kuhlmann	guaraiuva	recrutada	barocoria
Fabaceae	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth.	aráruba	recrutada	anemocoria
	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr. All. ex Benth.	jacarandá-da-bahia	recrutada	anemocoria
	<i>Erythrina speciosa</i> Andr.	suinã	recrutada	zoocoria
	<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Tul.) Malme	embira-de-sapo	recrutada	anemocoria
	<i>Machaerium scleroxylon</i> Tul.	caviúna	recrutada	anemocoria
	<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vog.	sapuvinha	recrutada	anemocoria
	<i>Machaerium villosum</i> Vog.	jacarandá-paulista	plant./recrut.	anemocoria
	<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	cabriúva	plant./recrut.	anemocoria
	<i>Platycyamus regnellii</i> Benth.	pau-pereira	recrutada	anemocoria
	<i>Platypodium elegans</i> Vog.	jacarandá-do-campo	plantada	anemocoria
Flacourtiaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	guaçatonga	recrutada	zoocoria
	<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	pau-de-espeto	recrutada	zoocoria
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	recrutada	zoocoria

continua

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

continuação – TABELA 1

Família	Nome Científico	Nome popular	Plantada/ recrutada	Sistema de dispersão
Icacinaceae	<i>Citronela paniculata</i> (Mart.) R. A. Howard	muchão	recrutada	zoocoria
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	dedaleiro	recrutada	anemocoria
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer <i>Melia azedarach</i> L.* <i>Trichilia catigua</i> Adr. Juss. <i>Trichilia elegans</i> Adr. Juss.	marinheiro cinamomo catiguá catiguá	recrutada recrutada recrutada recrutada	zoocoria zoocoria zoocoria zoocoria
Mimosaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC. <i>Albizia polyccephala</i> (Benth.) Killip <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan <i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Specg. <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong <i>Inga uruguensis</i> Hook. et Arn. <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit* <i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	monjoleiro albízia angico-vermelho angico-branco tamboril ingá leucena pau-jacaré	plant./recrut. recrutada recrutada recrutada plant./recrut. recrutada recrutada plant./recrut.	anemocoria anemocoria anemocoria anemocoria barroc./zooc. zoocoria anemocoria anemocoria
Myrtaceae	<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk. <i>Eucalyptus saligna</i> Smith.* <i>Eugenia florida</i> DC. <i>Eugenia glazioviana</i> Kiaersk. <i>Eugenia pyriformis</i> Camb. <i>Eugenia repanda</i> O. Berg. <i>Marlierea edulis</i> (Berg.) Nied <i>Myrcia falax</i> (Richard) DC. <i>Myrciaria jaboticaba</i> (Vell.) Berg. <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels* <i>Tristania conferta</i> R. Br.*	gabiroba eucalipto guamirim guamirim uvaia cambucá jabuticaba-sabará jambolão tristânia	recrutada plantada recrutada recrutada recrutada recrutada recrutada recrutada plantada	zoocoria anemocoria zoocoria zoocoria zoocoria zoocoria zoocoria zoocoria anemocoria
Olacaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> Ait. F.*	alfineiro-do-japão	plantada	zoocoria
Phytolaccaceae	<i>Seguieria floribunda</i> Mog.	agulheiro	recrutada	anemocoria
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> (Jacq.) Yuncker <i>Piper</i> sp.	capeta	recrutada recrutada	zoocoria zoocoria
Pittosporaceae	<i>Pittosporum undulatum</i> Went*	pau-de-incenso	plantada	zoocoria
Polygonaceae	<i>Triplaris brasiliiana</i> Cham.	pau-de-formiga	recrutada	anemocoria
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn.*	grevília	plantada	anemocoria
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i> Perk.	saraguagi-vermelho	recrutada	zoocoria
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.*	cafeeiro	recrutada	zoocoria
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engl. <i>Citrus limon</i> Burm.* <i>Esenbeckia febrifuga</i> (St. Hil.) Juss. ex Mart. <i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl. <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	pau-marfim limão-bode mamoninho guarantã mamica-de-porca	plant./recrut. recrutada recrutada plant./recrut. recrutada	anemocoria barocoria barocoria barocoria zoocoria

continua

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

continuação – TABELA 1

Família	Nome Científico	Nome popular	Plantada/ recrutada	Sistema de dispersão
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Camb. <i>Cupania zanthoxyloides</i> Camb. <i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk. <i>Koelreuteria apiculata</i> Rehd. et Wils*	arco-de-peneira arco-de-peneira maria-preta árvore-da-china camboatã-bravo	recrutada recrutada recrutada recrutada recrutada	zoocoria zoocoria anemocoria anemocoria zoocoria
Solanaceae	<i>Solanum argenteum</i> Dunal	folha-prata	recrutada	zoocoria
Styracaceae	<i>Styrax acuminatus</i> Pohl		recrutada	zoocoria
Symplocaceae	<i>Symplocos</i> sp.		recrutada	zoocoria
Tiliaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo	plant./recrut.	anemocoria
Verbenaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	tamanqueiro	recrutada	zoocoria

(*) Espécie de origem exótica.

Plant./recrut. - espécie plantada e recrutada.

Carpanezzi (1996) ressalta a importância de o reflorestamento ser implantado com espécies pertencentes à fase inicial de sucessão, e que facilite a inclusão de espécies tardias. No presente caso, as 30 espécies nativas e exóticas plantadas forneceram condições para que se dobrasse o número de espécies novas, através da regeneração natural.

Entre as 60 espécies recrutadas, notou-se uma proporção de 2:1 na dispersão realizada por animais, através da zoocoria, em relação ao grupo anemocoria/barocoria, o que demonstra a importância da fauna no processo de restauração da floresta. Estudando a vegetação da bacia do rio Tibaji (PR), Carmo e Morellato (2000) observaram padrões semelhantes e típicos de florestas semideciduais do Sudeste do Brasil: entre as 261 espécies amostradas, 67,8% foram dispersas por animais; 15,7% pelo vento; 7,7% por outros grupos e 8,8% por grupos desconhecidos.

Pinheiro et al. (1999) observaram que na Estação Experimental de Tupi existe uma fauna remanescente significativa, representada por 54 espécies de aves e 10 espécies de mamíferos, que provavelmente contribuiu para a inclusão de novas espécies no talhão estudado.

Segundo Fiori (2001) há risco de desaparecimento de espécies florestais de nossas matas, dada a extinção dos seus agentes dispersores, em vista da interdependência entre ambos, no diz que respeito à sobrevivência.

3.2 Estudo Fitossociológico

A densidade absoluta foi de 2.661,36 árvores/ha, e a dominância absoluta, de 42,47 m²/ha, considerando-se os 931 indivíduos amostrados em 3.500 m² (TABELA 2). O índice de diversidade no talhão estudado foi de 3,28 e está em conformidade com os valores encontrados para a maioria dos fragmentos naturais do estado de São Paulo, que variam de H' = 4,36 para o estrato arbóreo (Reserva Florestal Augusto Ruschi, em São José dos Campos), até H' = 3,05 (mata de planalto, em Jaboticabal) (Rodrigues, 1991).

A TABELA 2 apresenta os resultados da análise fitossociológica em ordem decrescente de IVI. A espécie mais importante, com altos valores de densidade, dominância e freqüência foi *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré). Foram amostrados 253 indivíduos da espécie, que cresceram rapidamente, produzindo sementes que se dispersaram por toda a área, colonizando-a. Apesar de se tratar de espécie secundária, comportou-se como secundária/pioneira antrópica (Kageyama et al., 1992), pelo fato de fazer o papel de pioneira em áreas alteradas ou perturbadas.

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinquenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

TABELA 2 – Parâmetros fitossociológico das espécies identificadas no levantamento procedido em talhão existente na E.E. de Tupi, em ordem decrescente de IVI (Nº.i = número de indivíduos, DA = densidade absoluta, DoA = dominância absoluta, FA= freqüência absoluta, DR = densidade relativa, DoR = dominância relativa, FR = freqüência relativa, IVI = índice de valor de importância, IVC = índice de valor de cobertura).

Nº	ESPÉCIES	Nº.i	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI	IVC
1	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	253	723,58	4,4020	88,57	27,1884	10,3651	8,4464	45,9999	37,5535
2	<i>Schizolobium parahyba</i>	13	37,14	7,8723	20,00	1,3955	18,5363	1,9073	21,8341	19,9318
3	<i>Mortas</i>	54	154,44	3,3474	74,29	5,8030	7,8819	7,0846	20,7695	13,6849
4	<i>Luehea divaricata</i>	40	114,40	5,3870	31,43	4,2986	12,6844	2,9973	19,9803	16,9830
5	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	37	105,82	2,5452	25,71	3,9762	5,9930	2,4518	12,4210	9,9692
6	<i>Casearia syvestris</i>	48	137,28	0,3733	65,71	5,1583	0,8790	6,2664	12,3037	6,0373
7	<i>Trichilia elegans</i>	34	97,14	0,2681	37,14	3,6500	0,6313	3,5418	7,8231	4,2813
8	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	15	42,86	1,6721	17,14	1,6105	3,9372	1,6345	7,1822	5,5477
9	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	28	80,00	0,7241	22,86	3,0060	1,7050	2,1800	6,8910	4,7110
10	<i>Myrcia falax</i>	25	71,43	0,1499	37,14	2,6840	0,3530	3,5418	6,5788	3,0370
11	<i>Dalbergia nigra</i>	22	62,86	0,3899	34,29	2,3620	0,9181	3,2700	6,5501	3,2801
12	<i>Melia azedarach</i>	13	37,14	1,2531	22,86	1,3955	2,9506	2,1800	6,5261	4,3461
13	<i>Eucalyptus saligna</i>	1	2,86	2,4765	2,86	0,1075	5,8312	0,2727	6,2114	5,9387
14	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	22	62,86	0,7835	11,43	2,3620	1,8448	1,0900	5,2968	4,2068
15	<i>Myrciaria jaboticaba</i>	25	71,43	0,1664	22,86	2,6840	0,3918	2,1800	5,2558	3,0758
16	<i>Esenbeckia febrifuga</i>	30	85,71	0,2264	14,29	3,2205	0,4331	1,3628	5,1164	3,7536
17	<i>Eugenia florida</i>	19	54,29	0,2576	25,71	2,0399	0,6066	2,4518	5,0983	2,6465
18	<i>Acacia polyphylla</i>	14	40,04	0,3418	28,57	1,5045	0,8048	2,7246	5,0339	2,3093
19	<i>Coffea arabica</i>	16	45,71	0,0420	25,57	1,7175	0,0989	2,7246	4,5410	1,8164
20	<i>Lencena leucocephala</i>	23	65,71	0,1641	17,14	2,4690	0,3864	1,6345	4,4899	2,8554
21	<i>Peltophorum dubium</i>	4	11,43	1,3609	8,57	0,4295	3,2044	0,8173	4,4512	3,6339
22	<i>Chorisia speciosa</i>	2	5,71	1,0817	5,71	0,2146	2,5470	0,5445	3,3061	2,7616
23	<i>Piper amallago</i>	12	34,29	0,0406	20,00	1,2884	0,0956	1,9073	3,2913	1,3840
24	<i>Solanum argenteum</i>	12	34,29	0,0612	17,14	1,2884	0,1441	1,6345	3,0670	1,4325
25	<i>Cordia trichotoma</i>	7	20,00	0,2298	17,14	0,7515	0,5411	1,6345	2,9271	1,2926
26	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5	14,29	0,3886	14,29	0,5369	0,4150	1,3628	2,8147	1,4519
27	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	7	20,00	0,0514	20,00	0,7515	0,1210	1,9073	2,7798	0,8725
28	<i>Lafoensis pacari</i>	5	14,29	0,4859	8,57	0,5369	1,1441	0,8173	2,4983	1,6810
29	<i>Joannesia princeps</i>	6	17,14	0,4204	8,57	0,6440	0,9899	0,8173	2,4512	1,6339

continua

continuação – TABELA 2

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

continua

Nº	ESPÉCIES	Nº.i	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	I VI	I VC
30	<i>Araucaria angustifolia</i>	4	11,43	0,5026	8,57	0,4295	1,1834	0,8173	2,4302	1,6129
31	<i>Inga uruguensis</i>	6	17,14	0,1755	14,29	0,6440	0,4132	1,3628	2,4200	1,0572
32	<i>Grevillea robusta</i>	3	8,57	0,6396	5,71	0,3220	1,5060	0,5445	2,3725	1,8280
33	<i>Syzygium cumini</i>	8	22,86	0,2073	8,57	0,8590	0,4881	0,8173	2,1644	1,3471
34	<i>Holocalyx balansae</i>	5	14,29	0,2278	11,43	0,5369	0,5364	1,0900	2,1633	1,0733
35	<i>Eugenia glazioviana</i>	7	20,00	0,0961	11,43	0,7515	0,2263	1,0900	2,0678	0,9778
36	<i>Platypodium elegans</i>	3	8,57	0,3756	8,57	0,3220	0,8844	0,8173	2,0237	1,2064
37	<i>Myroxylon perufirmum</i>	4	11,43	0,3114	8,57	0,4295	0,7332	0,8173	1,9800	1,1627
38	<i>Machaerium villosum</i>	3	8,57	0,4653	5,71	0,3220	1,0956	0,5445	1,9621	1,4176
39	<i>Croton floribundus</i>	4	11,43	0,3547	5,71	0,4295	0,8352	0,5445	1,8092	1,2647
40	<i>Pittosporum undulatum</i>	5	14,29	0,0539	11,43	0,5369	0,1269	1,0900	1,7538	0,6638
41	<i>Matayba elaeagnoides</i>	4	11,43	0,0504	11,43	0,4295	0,1187	1,0900	1,6382	0,5482
42	<i>Bauhinia forficata</i>	3	8,57	0,1912	8,57	0,3220	0,4502	0,8173	1,5895	0,7722
43	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	5	14,29	0,0324	8,57	0,5369	0,0763	0,8173	1,4305	0,6132
44	<i>Koelreuteria paniculata</i>	4	11,43	0,0306	8,57	0,4295	0,0721	0,8173	1,3189	0,5016
45	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	2	5,71	0,2186	5,71	0,2146	0,5147	0,5445	1,2738	0,7293
46	<i>Pterogyne nitens</i>	1	2,86	0,3505	2,86	0,1075	0,8253	0,2727	1,2055	0,9328
47	<i>Marlierea edulis</i>	4	11,43	0,0800	5,71	0,4295	0,1872	0,5445	1,1612	0,6167
48	<i>Centrolobium tomentosum</i>	5	14,29	0,0200	5,71	0,5369	0,0471	0,5445	1,1285	0,5840
49	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2	5,71	0,1441	5,71	0,2146	0,3393	0,5445	1,0984	0,5539
50	<i>Securinega guaraiva</i>	2	5,71	0,0942	5,71	0,2146	0,2218	0,5445	0,9809	0,4364
51	<i>Pera glabrata</i>	3	8,57	0,0294	5,71	0,3220	0,0692	0,5445	0,9357	0,3912
52	<i>Casearia gossypiosperma</i>	3	8,57	0,0145	5,71	0,3220	0,0341	0,5445	0,9006	0,3561
53	<i>Cupania vernalis</i>	3	8,57	0,0088	5,71	0,3220	0,0207	0,5445	0,8872	0,3427
54	<i>Piper</i> sp.	3	8,57	0,0088	5,71	0,3220	0,0207	0,5445	0,8872	0,3427
55	<i>Ligustrum lucidum</i>	2	5,71	0,0182	5,71	0,2146	0,0429	0,5445	0,8020	0,2575
56	<i>Lonchocarpus cultatus</i>	1	2,86	0,1650	2,86	0,1075	0,3885	0,2727	0,7687	0,4960
57	<i>Alchornea triplinervia</i>	1	2,86	0,1415	2,86	0,1075	0,3332	0,2727	0,7134	0,4407
58	<i>Eugenia repanda</i>	3	8,57	0,0199	2,86	0,3220	0,0469	0,2727	0,6416	0,3689
59	<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	1	2,86	0,0963	2,86	0,1075	0,2268	0,2727	0,6070	0,3343
60	<i>Tristania conferta</i>	1	2,86	0,0794	2,86	0,1075	0,1870	0,2727	0,5672	0,2945

continuação – TABELA 2

Nº	ESPÉCIES	Nº i	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	I VI	I VC
61	<i>Albizia polyccephala</i>	1	2,86	0,0642	2,86	0,1075	0,1512	0,2727	0,5314	0,2587
62	<i>Copaifera langsdorffii</i>	2	5,71	0,0084	2,86	0,2146	0,0198	0,2727	0,5071	0,2344
63	<i>Colubrina glandulosa</i>	2	5,71	0,0055	2,86	0,2146	0,0130	0,2727	0,5003	0,2276
64	<i>Pachystroma longifolium</i>	2	5,71	0,0051	2,86	0,2146	0,0120	0,2727	0,4993	0,2266
65	<i>Anadenanthera peregrina</i>	1	2,86	0,0440	2,86	0,1075	0,1036	0,2727	0,4838	0,2111
66	<i>Machaerium scleroxylon</i>	1	2,86	0,0234	2,86	0,1075	0,0551	0,2727	0,4353	0,1626
67	<i>Seguieria floribunda</i>	1	2,86	0,0166	2,86	0,1075	0,0391	0,2727	0,4193	0,1466
68	<i>Aegiphila sellowiana</i>	1	2,86	0,0130	2,86	0,1075	0,0306	0,2727	0,4108	0,1381
69	<i>Rauvolfia sellowii</i>	1	2,86	0,0110	2,86	0,1075	0,0259	0,2727	0,4061	0,1334
70	<i>Rollinia parviflora</i>	1	2,86	0,0110	2,86	0,1075	0,0259	0,2727	0,4061	0,1334
71	<i>Syrax acuminatus</i>	1	2,86	0,0110	2,86	0,1075	0,0259	0,2727	0,4061	0,1334
72	<i>Cecropia pachystachya</i>	1	2,86	0,0092	2,86	0,1075	0,0217	0,2727	0,4019	0,1292
73	<i>Trichilia catigua</i>	1	2,86	0,0092	2,86	0,1075	0,0217	0,2727	0,4019	0,1292
74	<i>Cordia ecalyculata</i>	1	2,86	0,0058	2,86	0,1075	0,0137	0,2727	0,3939	0,1212
75	<i>Rollinia sybatica</i>	1	2,86	0,0058	2,86	0,1075	0,0137	0,2727	0,3939	0,1212
76	<i>Cupania zanthoxyloides</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
77	<i>Diatenopteryx sonobilis</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
78	<i>Erythrina speciosa</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
79	<i>Guarea guidonia</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
80	<i>Machaerium stipitatum</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
81	<i>Platycyamus regnellii</i>	1	2,86	0,0052	2,86	0,1075	0,0122	0,2727	0,3924	0,1197
82	<i>Aspidosperma pyriforme</i>	1	2,86	0,0038	2,86	0,1075	0,0089	0,2727	0,3891	0,1164
83	<i>Citronella paniculata</i>	1	2,86	0,0038	2,86	0,1075	0,0089	0,2727	0,3891	0,1164
84	<i>Eugenia pyriformis</i>	1	2,86	0,0038	2,86	0,1075	0,0089	0,2727	0,3891	0,1164
85	<i>Symplocos</i> sp.	1	2,86	0,0032	2,86	0,1075	0,0075	0,2727	0,3877	0,1150
86	<i>Casearia decandra</i>	1	2,86	0,0028	2,86	0,1075	0,0066	0,2727	0,3868	0,1141
87	<i>Campomanesia guaviroba</i>	1	2,86	0,0023	2,86	0,1075	0,0054	0,2727	0,3856	0,1129
88	<i>Cassia leptophylla</i>	1	2,86	0,0023	2,86	0,1075	0,0054	0,2727	0,3856	0,1129
89	<i>Citrus limon</i>	1	2,86	0,0023	2,86	0,1075	0,0054	0,2727	0,3856	0,1129
90	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	1	2,86	0,0023	2,86	0,1075	0,0054	0,2727	0,3856	0,1129
91	<i>Triplaris brasiliensis</i>	1	2,86	0,0023	2,86	0,1075	0,0054	0,2727	0,3856	0,1129
931	Total	2.661,36	42,4701	1.045,61	100,0014	99,4000	99,9980	299,9944	200,0014	

Leitão Filho *et al.* (1994) também observaram que em toda a área alterada surge uma espécie dominante que ocupa o primeiro lugar no estudo fitossociológico.

A segunda espécie classificada, *Schizolobium parahyba*, sobressaiu-se devido ao porte dos seus 13 indivíduos, apresentando o maior valor de dominância relativa dentre as espécies.

Os indivíduos mortos ocuparam a terceira posição devido à alta densidade, dominância e freqüência de suas 54 árvores. Este número corresponde a 5,8% do total, e pode ser interpretado como resultado da alta competição entre indivíduos e falta de aclimatação de algumas espécies.

As demais espécies com alto IVI plantadas no talhão, como *Luhea divaricata*, *Balfourodendron riedelianum* e *Esenbeckia leiocarpa*, sobressaíram-se devido ao desempenho de um ou mais fatores como densidade, dominância e freqüência, somando-se, ainda, a auto-regeneração.

Quanto às principais espécies recrutadas, *Casearia sylvestris*, *Trichilia pallida* e *Myrcia falax*, todas de sub-bosque, apresentaram baixos valores de dominância e altos índices de densidade e freqüência.

Com respeito às espécies exóticas plantadas, ressalta-se o crescimento excepcional de *Eucalyptus saligna*, que apresentou o maior CAP (330,0 cm). Já, *Grevillea robusta*, *Leucaena leucocephala*, *Ligustrum lucidum*, *Melia azedarach*, *Pittosporum undulatum*, *Syzygium cumini* e *Tristania conferta* apresentaram crescimento compatível com as espécies nativas, porém baixa capacidade de regeneração, devido, provavelmente, às condições de sombra.

As espécies com um e dois indivíduos (TABELA 2) geralmente foram recrutadas e são importantes na dinâmica da floresta, podendo, sua posição, ser alterada com o passar dos anos. Essas espécies representam 44,4% do total, um valor bem próximo ao encontrado em área de transição cerrado/mata no município de Casa Branca, SP, de 45,5% (Toledo Filho *et al.*, 2002).

Comparando-se os resultados deste levantamento com os de Mariano *et al.* (2000), realizado na mesma Estação Experimental, porém em outro reflorestamento heterogêneo, com 20 anos, e considerando indivíduos jovens da regeneração natural a partir de 20 cm de altura, dentre as 55 espécies recrutadas no sub-bosque, apenas 16 foram comuns aos dois levantamentos.

A espécie mais importante naquele levantamento foi *Stenolobium stans* (exótica) que, apesar de facilmente disseminada pelo vento, não ocorreu no presente estudo. Isto poderia ser devido a fatores como distância entre os talhões, condição de luminosidade do talhão mais antigo, direção dos ventos (a espécie é anemocórica), entre outros.

Com um comportamento diferente entre as 30 espécies plantadas e as 60 recrutadas, quanto ao crescimento, auto-regeneração e recrutamento pelos diversos agentes dispersores, notou-se que houve e está ocorrendo uma dinâmica entre as espécies, influenciada por fatores limitantes de solo, luz e nutrientes.

O tipo de solo, raso, aliado à declividade e à falta de práticas de controle da erosão, provocaram sulcos e ravinas no interior do talhão que, em parte, prejudicaram a recuperação da cobertura vegetal na área. Embora o dossel tenha fechado, abriram-se, no sub-bosque, algumas clareiras, devido à erosão.

Durante a identificação das espécies, a ocorrência de lianas e cipós dificultou a visualização da copa das árvores. Para Tabanez *et al.* (1997), em fragmentos alterados o controle de cipós tende a facilitar o processo de recuperação. Esse fato vem demonstrar que o talhão formado artificialmente (no caso, o presente reflorestamento) exibe características fisionômicas próximas às de uma floresta natural.

Analisando, finalmente, o conjunto de observações, notou-se que no talhão original houve recuperação de parte das funções ecológicas e, devido à sua alta resiliência, futuramente essa vegetação poderá apresentar uma densidade próxima à dos fragmentos naturais.

4 CONCLUSÕES

- O reflorestamento com 30 espécies nativas e exóticas criou condições para que as sementes vindas das proximidades conseguissem germinar e se estabelecer, resultando um recrutamento de 60 espécies.

- A dispersão proporcionada via ornitocoria/zoocoria foi duas vezes maior que por anemocoria/barocoria.

- Os fragmentos localizados próximos ao talhão, bem como a fauna remanescente, certamente contribuíram para com o grande número de espécies recrutadas.

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

– A ocorrência de grande número de espécies recrutadas, com um e dois indivíduos, é um indicativo da dinâmica e também da estrutura para as quais o talhão poderá evoluir, com o passar dos anos.

– Os resultados do presente trabalho poderão servir de subsídio a projetos de restauração de florestas naturais a serem implantados na região de Piracicaba.

5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos pesquisadores Geraldo Antônio Daher Corrêa Franco e Osny Tadeu de Aguiar, do Instituto Florestal, pela colaboração prestada na identificação de parte das espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L. M.; MANTOVANI, W. Degradação ambiental: conceituação e bases para o repovoamento vegetal. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES FLORESTAIS LITORÂNEAS, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2000. p. 33-40.

CARMO, M. R. B.; MORELATO, L. P. C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da Bacia do Rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000. p. 125-141.

CARPANEZZI, A. A. Espécies para recuperação ambiental. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1996, Curitiba. Curitiba: UFPR, 1996. p. 9-16.

FIORI, A. M. Sem bichos, a floresta morre. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 62, p. 38-42, 2001.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000. p. 249-269.

LEITÃO FILHO, H. de F. et al. **Estudo de ecologia da mata ciliar dos rios Moji-Guaçu e Peixe – UHE Moji-Guaçu, SP.** [S.l.]: Parque Ecológico da UNICAMP/CESP, 1994. 83 p. (Relatório de Atividades).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 1, 352 p.

_____. _____. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v. 2, 352 p.

MARIANO, G. et al. Fitossociologia da regeneração natural sob plantio heterogêneo em Piracicaba, SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 167-177, 2000.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology.** New York: John Wiley and Sons, 1974. 547 p.

PIELOU, E. C. **Ecology diversity.** New York: John Wiley and Sons, 1975. 325 p.

PINHEIRO, G. et al. Plano de Manejo da Estação Experimental de Tupi – Piracicaba, SP. **IF Sér. Reg.**, São Paulo, n. 19, p. 1-16, 1999.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa Cinco, SP.** 1991. 329 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; NASCIMENTO, H. E. M. Controle de cipós ajuda a salvar fragmentos de floresta. São Paulo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 129, p. 58-61, 1997.

TABARELLI, M.; VILLANI, J. P.; MANTOVANI, W. Estrutura, composição florística e dinamismo de uma floresta secundária na encosta atlântica - SP. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. *Anais...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. p. 340-343.

GIANNOTTI, E. et al. Recrutamento e fitossociologia de um reflorestamento com espécies nativas e exóticas de cinqüenta anos de idade, em Piracicaba, SP.

TOLEDO FILHO, D. V. et al. Estudo fitossociológico de uma área de cerrado com transição para mata no município de Casa Branca-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 53-64, 2002.

VELLOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, I. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VEIGA, A. A. **Balanços hídricos das dependências da Divisão de Florestas e Estações Experimentais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1975. 34 p. (mimeografado).

VIDAL TORRADO, P. **Pedogênese e morfogênese no Distrito de Tupi (Piracicaba-SP)**. 1994. 169 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

1 REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL (Rev. Inst. Flor.)

Publicação semestral do Instituto Florestal, destinada à veiculação de artigos técnico-científicos, notas científicas e artigos de revisão em ciências florestais e afins.

1.1 Encaminhamento e Apresentação do Original

Os trabalhos externos à Instituição deverão ser encaminhados ao Presidente da Comissão Editorial, Caixa Postal 1322, 01059-970 São Paulo - SP - Brasil; os trabalhos internos à Instituição deverão ser encaminhados ao chefe imediato e ao diretor da divisão à qual pertencem que, após análise, enviará à Comissão Editorial. Os trabalhos deverão ser encaminhados em 4 (quatro) vias (1 original e 3 cópias), respeitando-se as margens superior e inferior de 20 mm x 20 mm e as margens laterais esquerda de 30 mm e direita de 20 mm.

Serão analisados pela Comissão Editorial e, após a análise, encaminhados ao(s) autor(es) para atendimento das sugestões apresentadas. Procedidas as modificações sugeridas, o(s) autor(es) deverá(ão) enviar 2 (duas) vias (1 original e 1 cópia) da versão final do artigo, acompanhadas do disquete correspondente digitado no aplicativo "Word for Windows", fonte Times New Roman tamanho 11, em espaço duplo, respeitando as margens anteriormente citadas.

Deverão obedecer a seguinte ordem: TÍTULO do trabalho em caixa alta, seguido do título na língua do ABSTRACT; RESUMO e ABSTRACT seguidos de Palavras-chave e Key words; INTRODUÇÃO; REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (que dependendo do(s) autor(es) pode ser incluída na INTRODUÇÃO); MATERIAL(AIS) E MÉTODO(S); RESULTADOS; DISCUSSÃO (a critério dos autores os resultados e a discussão podem ser incluídos em um único item, identificado como RESULTADOS E DISCUSSÃO); CONCLUSÃO(ES); AGRADECIMENTO(S) (se houver) e REFERÊNCIA(S) BIBLIOGRÁFICA(S).

A identificação, filiação e endereço dos autores não deverão ser incluídos no corpo do texto, mas sim em uma página em separado que acompanhará o manuscrito.

1.2 Ilustrações

São consideradas ilustrações as FIGURAS, TABELAS e QUADROS. Deverão ser citadas no texto e não incluídas no corpo do mesmo, mas sim em folhas, em separado, que acompanharão o manuscrito. O(s) autor(es) deve(m) indicar qual o lugar mais apropriado para a inserção das ilustrações no texto, através da citação "local da figura/tabela/quadro nº". Exemplos: "local da figura 1"; "local do quadro 3"; "local da tabela 2".

1.2.1 As FIGURAS (mapas, gráficos, fotos, desenhos) deverão ser numeradas contínua e seqüencialmente com algarismos arábicos e título auto-explicativo abaixo, deverão ainda ser elaboradas a partir de softwares compatíveis com o Windows 98, tais como: Corel Draw, Excel, etc. O uso de escala é obrigatório, e constará juntamente com a legenda (se houver), na própria figura. As fotos deverão ser de boa qualidade, acompanhadas dos negativos ou em disquete.

1.2.2 TABELAS e QUADROS deverão ser numerados consecutivamente com algarismos arábicos, encabeçados e citados como TABELAS ou QUADROS com título auto-explicativo acima, sendo a numeração distinta daquela das figuras. Quando se tratar de TABELA, as linhas horizontais só aparecerão separando o título do conteúdo e no final da mesma; evitar tabelas muito extensas.

1.2.3 O tamanho máximo das ilustrações deverá ser de 215 mm x 170 mm, incluindo o título e a fonte (se houver). Caso seja necessário reduzir o original, calcular a redução de acordo com o tamanho da página impressa para que não haja perda na nitidez.

1.3 Citação da Literatura no Texto

Deverá ser feita na forma de AUTOR (em caixa alta/baixa) e ANO entre parênteses. Quando houver mais de dois autores usar *et al.*

1.4 Referência Bibliográfica

Deverá ser apresentada em ordem alfabética pelo sobrenome do autor ou do primeiro autor, sem numeração (consultar ABNT - NBR 6023 - 2000). Quando houver vários artigos do(s) mesmo(s) autor(es), obedecer a ordem cronológica crescente; quando houver vários artigos do mesmo ano, indicar: 1988a, 1988b, etc., e quando houver quatro ou mais autores usar *et al.*

1.4.1 Monografias (livros, dissertações, teses, manuais, folhetos, etc.)

AUTOR(ES)//Título: subtítulo (se houver)//edição//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas e/ou volumes//ilustração//(série ou coleção, nº)

1.4.1.1 Livros

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYER, A. *The germination of seeds*. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270 p.

1.4.1.1.1 Autor entidade

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

1.4.1.1.2 Capítulo ou parte de livro

AUTOR(ES) do capítulo/parte//Título do capítulo/parte//In: AUTOR(ES) do livro. (Coord./Org./Ed.)//Título do livro: subtítulo (se houver)//Local da publicação: Editora, ano da publicação//cap., página inicial-final.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília, DF: ABRATES, 1993. cap. 4, p. 137-174.

1.4.1.2 Dissertações, Teses

AUTOR//Título da dissertação/tese//ano da publicação//total de folhas//Dissertação/Tese (Mestrado/Doutorado em...) - Instituto, Faculdade, Universidade, Local da publicação.

VALLILO, M. I. Caracterização das folhas e galhos do *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e respectivo solo, por espectrometria de emissão com plasma de argônio induzido. 1995. 105 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

1.4.2 Periódicos (revistas, suplementos, jornais, etc.)

1.4.2.1 Artigo de periódico

AUTOR(ES)//Título do artigo//Título do periódico, Local da publicação, volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação//(Artigos aprovados pelo corpo editorial do periódico, mas ainda não publicados, devem incluir no final da referência, entre parênteses, a expressão "No prelo").

SEBBENN, A. M. *et al.* Variabilidade genética e interação genótipo x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 12, n. 1, p. 13-23, 2000. (No prelo).

1.4.2.2 Coleção no todo

TÍTULO DO PERIÓDICO//Local da publicação: Editora, ano da publicação do primeiro volume e ano de encerramento da publicação (se houver).//Periodicidade.

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA. Rio de Janeiro: IBGE, 1939-. Quadrimestral.

1.4.2.3 Fascículos, suplementos, números especiais

TÍTULO DA COLEÇÃO//Título da parte (se houver)//Local da publicação: Editora, volume, número, ano de publicação//total de páginas//Suplemento/Edição especial.

CONJUNTURA ECONÔMICA. As 500 maiores empresas do Brasil. Rio de Janeiro: FGV, v. 38, n. 9, 1984. 135 p. Edição especial.

1.4.2.4 Artigos em jornais

AUTOR(ES) (se houver).//Título do artigo: subtítulo (se houver).//Título do jornal, Local da publicação, data da publicação, Seção, Caderno, Suplemento, número da página do artigo.

BIBLIOTECA climatiza seu acervo. **O Globo**, Rio de Janeiro, 4 mar. 1985. p. 11.

1.4.2.5 Resumo em "abstracts"

AUTOR(ES).//Título do resumo//Título do periódico, Local da publicação do periódico, volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação do periódico//(Resumo número em Título do "abstract", Local da publicação do "abstract", volume, número do fascículo, página inicial-final, ano da publicação do "abstract").

KATOH, M. Classification of conifer trees species using JERS-1 OPS data. **Journal of Forest Planning**, England, v. 1, n. 1, p. 1-5, 1995. (Resumo 9432 em **Forestry Abstracts**, Oxon, v. 58, n. 12, p. 1361, 1997).

1.4.3 Congressos, simpósios, seminários, conferências

AUTOR(ES).//Título do trabalho apresentado//In: Coord./Org. (se houver).//TÍTULO DO EVENTO, numeração do evento (se houver), ano do evento, Local do evento//Título da publicação...//Local da publicação: Editora, ano da publicação//página inicial-final. (Quando necessário, ao final da referência acrescentar notas relativas a outras informações para melhor identificar o trabalho).

1.4.3.1 Trabalho apresentado e publicado sob forma de resumo

MARCHIORI, C. F. S.; SILVA, M. R.; SILVA, T. R. G. Estudo da germinação e desenvolvimento de plântulas de espécies arbóreas nativas de matas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, XI, 1996, São Carlos. **Programa e Resumos...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, 1996. p. 43.

1.4.3.2 Trabalho apresentado e publicado em Anais

PASTORE, J. A. et al. Flora arbustiva do Parque Chico Mendes, município de São Bernardo do Campo (SP). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 269-273. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 1, Edição especial).

1.4.3.3 Trabalho apresentado e publicado em seriado

MÁRQUEZ, F. C. M.; KAGEYAMA, P. Y. Purity testing in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus saligna* seeds: new methodologies. In: REUNIÓN SOBRE PROBLEMAS EN SEMILLAS FORESTALES TROPICALES, 1980, San Felipe-Bacalar. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 1981. tomo 1, p. 243-246. (Publicación Especial, 35).

1.4.4 Legislação

JURISDIÇÃO//Título e número da lei/decreto/outros, data//Ementa//Dados da publicação, outras informações necessárias para melhor identificar o documento.

BRASIL. Lei nº 7.653, de 12 de fevereiro de 1988. Altera a redação dos arts. 18, 27, 33 e 34 da Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967, que dispõe sobre a proteção à fauna, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 1988. Seção I, p. 26-89.

1.4.5 Mapas

AUTOR(ES) (se houver).//Título do mapa//Local da publicação: Editora (se houver), ano de publicação//Escala.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. Escala 1:5.000.000.

1.4.6 Relatórios técnicos

AUTOR(ES) (se houver).//Título do relatório//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas//(Acrescentar ao final da referência notas relativas a outras informações para melhor identificar o relatório).

CASTRO, M. C.; GOMES, G.; VIANA, L. A. C. **Cooperação técnica na implementação do Programa Integrado de Desenvolvimento - Polonorte**. Brasília, DF: PNUD/FAO, 1990. 47 p. (Relatório da Missão de Avaliação do Projeto BRA/87/037).

1.4.7 CD-ROM

AUTOR(ES).//Título: subtítulo (se houver).//Local: Produtora, ano da gravação//total de CD-ROMS//Software necessário.

INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Mata Atlântica - 500 anos**. [S.I.]: Estação da Arte Ltda., 2000. 1 CD-ROM. Windows 95 ou superior.

1.4.8 Seriado

AUTOR(ES).//Título do artigo: subtítulo (se houver).//Local da publicação: Editora, ano da publicação//total de páginas//(Título do seriado, nº).

DIAZ, G. E.; BROWN, T. C. **AQUARIUS**: a modeling system for river basin water allocation. Fort Collins: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, 1997. 160 p. (General Technical Report RM-GTR, 299).

2 INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS

Para maiores esclarecimentos sobre a organização dos trabalhos especialmente quanto à colocação de títulos e subtítulos, subdivisão do texto, organização de tabelas e figuras, consultar o número mais recente da revista. Os casos omissos serão resolvidos pela COMISSÃO EDITORIAL.



SECRETARIA DO
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
CUIDANDO DE GENTE