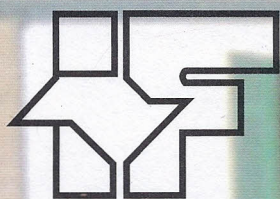




SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

COORDENADORIA DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL

INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.

São Paulo

v. 13

n. 2

p. 99 - 211

dez. 2001

GOVERNADOR DO ESTADO

Geraldo Alckmin

SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE

José Ricardo Alvarenga Trípoli

COORDENADOR DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL

Luiz Mauro Barbosa

DIRETOR GERAL

Luiz Alberto Bucci

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho

Eduardo Amaral Batista

Cybele de Souza Machado Crestana

Edegar Giannotti

Francisco Carlos Soriano Arcova

Márcia Balistiero Figliolia

Sandra Monteiro Borges Florsheim

Yara Cristina Marcondes

Maria Isabel Vallilo

Reinaldo Cardinali Romanelli

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

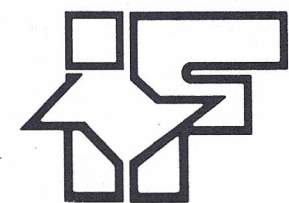
nuinfo@iflorestsp.br



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

COORDENADORIA DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS, DOCUMENTAÇÃO E PESQUISA AMBIENTAL

INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

| | | | | | |
|------------------|-----------|-------|------|-------------|-----------|
| Rev. Inst. Flor. | São Paulo | v. 13 | n. 2 | p. 99 - 211 | dez. 2001 |
|------------------|-----------|-------|------|-------------|-----------|

COMISSÃO EDITORIAL/EDITORIAL BOARD

Demétrio Vasco de Toledo Filho
Eduardo Amaral Batista
Cybele de Souza Machado Crestana
Edegar Giannotti
Francisco Carlos Soriano Arcova
Márcia Balistiero Figliolia
Sandra Monteiro Borges Flörsheim
Yara Cristina Marcondes
Maria Isabel Vallilo
Reinaldo Cardinali Romanelli
Waldir Joel de Andrade
Ivan Suarez da Mota
Marilda Rapp de Eston

APOIO/SUPPORT

Carlos Eduardo Spósito (Revisão)
Carlos José de Araújo (Gráfica)

CONSULTORES EXTERNOS DESTA EDIÇÃO:

Catalina Romero Lopes - UNESP - Botucatu
Dulcineia de Carvalho - Universidade Federal de Lavras
Elisabeth de Oliveira - IQ/USP
Fátima C. M. Piña-Rodrigues - UFRRJ
Ismael Eleutério Pires - Universidade Federal de Viçosa
Jorge Mancini Filho - FFB/USP
José Leonardo M. Gonçalves - ESALQ/USP
José Luiz Rezende - Universidade Federal de Lavras

Luiz Carlos E. Rodrigues - ESALQ/USP
Marcos Deon Vilella de Resende - EMBRAPA-PR
Maria Elena A. Delachave - UNESP - Botucatu
Mario Luiz Teixeira de Moraes - UNESP - Ilha Solteira
Omar Cavassan - UNESP - Bauru
Silvana A. Pires de Godoy - USP - Ribeirão Preto
Wolmar Aparecida Carvalho - UNESP - Botucatu

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@iflorestsp.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 | |
| 1993, 5(1-2) | |
| 1994, 6 | |
| 1995, 7(1-2) | |
| 1996, 8(1-2) | |
| 1997, 9(1-2) | |
| 1998, 10(1-2) | |

COMPOSTO E IMPRESSO NO INSTITUTO FLORESTAL
dezembro, 2001

SUMÁRIO/CONTENTS

| | p. |
|--|---------|
| Estrutura genética em populações de <i>Tabebuia cassinoides</i> : implicações para o manejo florestal e a conservação genética. Genetic structure in <i>Tabebuia cassinoides</i> populations: implications for forestry management and conservation genetics. Alexandre Magno SEBBENN; Carlos Eduardo Sicoli SEOANE; Paulo Yoshio KAGEYAMA; Cristina Maria Batista LACERDA | 99-113 |
| Efeito da adubação NPK com e sem boro no crescimento de <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook. The effect of NPK fertilization with and without boron on <i>Eucalyptus citriodora</i> Hook. growth. Simone Aparecida de OLIVEIRA; Mario Luiz Teixeira de MORAIS; Salatiér BUZETTI | 115-120 |
| Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) O. Ktze.) por caracteres quantitativos e isoenzimas. Genetic structure in populations of jequitibá-rosa (<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) O. Ktze.) by isozymes and quantitative traits. Alexandre Magno SEBBENN; Paulo Yoshio KAGEYAMA; Antonio Carlos Scatena ZANATO | 121-134 |
| Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha). Seeds germination of <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi-Anacardiaceae under different conditions of temperature, light and water. Maria Conceição Carvalho da SILVA; João NAKAGAWA; Márcia Balistiero FIGLIOLIA | 135-146 |
| Composição química e o perfil de ácidos graxos das sementes de quatro espécies de palmeiras cultivadas no Estado de São Paulo. The chemical composition and the fatty acids profile of four palms species seeds from São Paulo State. Maria Isabel VALLILO; Mário TAVARES; Sabria AUED-PIMENTEL; Maria Lima GARBELOTTI; Norberto Camilo CAMPOS | 147-154 |
| Análise econômica do plantio do pau-marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engler). Economic analysis of plantation with pau-marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engler). José Arimatéia Rabelo MACHADO | 155-168 |
| Flora arbórea e arbustiva do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). Woody and shrubby flora of cerrado of Porto Ferreira State Park (SP). José Eduardo de Arruda BERTONI; Demétrio Vasco de TOLEDO FILHO; Hermógenes de Freitas LEITÃO FILHO; Geraldo Antônio Daher Corrêa FRANCO; Osny Tadeu de AGUIAR | 169-188 |
| Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão no Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar - SP. Geomorphology and vegetation covering of the "Barracão" creek small watershed in "Núcleo Cunha" - "Serra do Mar" State Park of São Paulo State - Brazil. Elvira Neves DOMINGUES; Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS; Sonia Maria FURIAN | 189-200 |
| Conservação genética <i>ex situ</i> de <i>Esenbeckia leiocarpa</i> , <i>Myracrodruon urundeuva</i> e <i>Peltophorum dubium</i> em teste de progênies misto. <i>Ex situ</i> genetic conservation of <i>Esenbeckia leiocarpa</i> , <i>Myracrodruon urundeuva</i> and <i>Peltophorum dubium</i> in combined test of progenies. Alexandre Magno SEBBENN; Lígia de Castro ETTORI | 201-211 |

ESTRUTURA GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Tabebuia cassinoides*: IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO FLORESTAL E A CONSERVAÇÃO GENÉTICA¹

Alexandre Magno SEBBENN²
Carlos Eduardo Sicoli SEOANE³
Paulo Yoshio KAGEYAMA⁴
Cristina Maria Batista LACERDA⁴

RESUMO

Em um prévio estudo, os efeitos do manejo florestal sobre a estrutura genética de *Tabebuia cassinoides*, foram avaliados com base em estruturas de progênies. Visando complementar esse prévio estudo, aqui são analisados esses efeitos com base na amostragem de indivíduos adultos das mesmas populações anteriormente avaliadas. Para tanto, avaliou-se por eletroforese de isoenzimas 56 árvores adultas em uma população natural e 57 em uma manejada. A distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações revelou que mais de 95% da variabilidade genética encontra-se distribuída dentro das populações, e somente menos do que 5% entre populações. Entretanto, comparando-se as frequências alélicas das populações, observa-se que o manejo realizado levou à perda de alelos raros (freq. < 5%) por deriva genética. Também foram detectadas, na população manejada, reduções nas heterozigosidades e porcentagem de locos polimórficos e aumento no coeficiente de endogamia. A avaliação da estrutura das progênies evidenciou que estas foram compostas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos e indivíduos de autofecundação. A comparação do índice de fixação (f) entre a geração de plântulas e as árvores adultas, mostrou indícios de seleção contra homozigotos. Com base no tamanho efetivo determinou-se que para efetivar o manejo sustentável da *Tabebuia cassinoides*, considerando o componente genético, é necessária a manutenção de pelo menos 67 árvores porta-sementes por hectare. No final do trabalho sugere-se a estratégia de conservação *in e ex situ* para minimizar os danos causados pela prática de manejo.

Palavras-chave: *Tabebuia cassinoides*; caixeta; isoenzimas; manejo florestal; estrutura genética; conservação genética.

ABSTRACT

A previous study evaluated the effects of forest management on the genetic structure of *Tabebuia cassinoides* using base family structure. So as to complete that previous study, it was made here sampling of adult trees within the same population. They were used 56 adults trees in a natural population and 57 in a managed population for an evaluation of isoenzymes variability. The distribution of genetic variability was more than 95% within populations and less than 5% between populations. However, when allelic frequencies were compared it was observed that this management practiced caused the loss of rare alleles (freq. < 5%) due to genetic drift. Reductions were detected in managed population for heterozygotes, for percentage of polymorphic loci and for increased inbreeding coefficient. Family structures evaluations indicated that there was mixture of half-sibs, full-sibs and selfed individuals. Comparison of the fixation index (f) between generations of seedlings and adult trees indicated selection against homozygosity. The effective population size was determined for sustainable management of *T. cassinoides* and it is necessary to maintain at least 67 trees per hectare. It was concluded that *in situ* and *ex situ* conservation strategies must be used to minimize management damages.

Key words: *Tabebuia cassinoides*; caixeta; isoenzymes; forestry management; genetic structure; conservation genetic.

(1) Aceito para publicação em agosto de 2001.

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

(3) Rua Projelada, 15, São Francisco, 25360-490, Niterói, RJ, Brasil.

(4) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 15, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Tabebuia cassinoides (Bignoneaceae) ou caixeta é uma espécie arbórea pioneira, geralmente de pequeno porte, com 3 a 13 m de altura e 10 a 30 cm de DAP, que raramente atinge mais de 20 m de altura ou mais de 50 a 100 cm de DAP. O tronco é irregular, geralmente tortuoso e apresenta raízes aéreas na base. As flores são hermafroditas, polinizadas principalmente por abelhas e a dispersão das sementes ocorre por anemocoria e hidrocoria. A espécie distribui-se entre as latitudes 8°S (PE) a 26°S (SC), na faixa litorânea brasileira que vai dos Estados de Santa Catarina a Pernambuco. *T. cassinoides* ocorre em terrenos permanentemente alagados ou encharcados, formando em alguns locais agrupamentos densos, às vezes quase puros. Sua frequência é irregular e descontínua, uma vez que tem ocorrência localizada restrita aos locais brejosos próximos ao litoral. Ocorre na vegetação primária alterada e na vegetação secundária, na fase de capoeirão e floresta secundária. A espécie é exclusiva da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), nas formações Terras Baixas e Baixo-Montana e nas Formações Pioneiras de influência pluvial. Ocorre, também, na restinga. Nestas formações, ocupa o extrato superior e intermediário. A espécie apresenta brotação intensa após o corte, podendo ser manejada pelo sistema de talhadia. A espécie é muito utilizada como matéria prima para artesanato e lápis, devido à leveza e maleabilidade da madeira (Carvalho, 1994). A *T. cassinoides* é explorada pelo homem há mais de 50 anos, sendo que hoje muitas de suas populações já desapareceram, ou apresentam-se abandonadas devido à baixa produtividade.

O manejo florestal sustentado é a exploração ordenada das florestas naturais e plantadas visando à produção contínua de bens madeireiros. Para se atingir estes objetivos, os programas de manejo devem ser delineados com base em dados dendrométricos de incrementos correntes anuais (ICA) e incrementos médios anuais (IMA), obtidos de inventários contínuos nos diversos tipos de sítios (solos) em que o plano de manejo é desenvolvido. Contudo, no manejo de populações naturais deve-se também considerar a constituição genotípica dos indivíduos, a qual é responsável pelas diferenças em produtividade, adaptação e reprodução entre indivíduos de uma espécie.

No entanto, apesar da grande importância dos fatores genéticos dos indivíduos para a exploração sustentada de uma espécie, tal componente tem sido subjugado nos planos de manejo em florestas naturais tropicais. Na realidade, não existem programas de manejo florestal que considerem o componente genético como um dos fatores primordiais para a real efetivação da sustentabilidade (Sebbenn *et al.*, 2000).

O manejo envolve alterações no tamanho populacional e nos padrões espaciais dos indivíduos dentro das populações (Bawa & Krugman, 1990; Murawski, 1995). A redução drástica no tamanho das populações, através do corte seletivo, pode levar à deriva genética, caracterizada pela perda e fixação aleatória de alelos e ao aumento do parentesco e da endogamia dentro das populações (Crow & Kimura, 1970; Mettler & Gregg, 1973; Ellstrand & Elam, 1993; Falconer & Mackay, 1997). A deriva pode inviabilizar os programas de manejo, pela redução da capacidade adaptativa, reprodutiva e produtiva das espécies. As alterações na distribuição espacial dos indivíduos dentro das populações também podem levar às mudanças na densidade e no comportamento dos polinizadores, gerando alterações nos níveis de cruzamento, como o aumento da autofecundação e consequentemente da endogamia (Bawa & Krugman, 1990; Murawski, 1995). Em plantas alógamas, a endogamia origina a depressão por endogamia, que é a expressão dos genes deletérios em estado de homozigose, caracterizada pela redução na produtividade, fertilidade, viabilidade das sementes, vigor e adaptação (Crow & Kimura, 1970; Allard, 1971; Mettler & Gregg, 1973; Geburek, 1986; Falconer & Mackay, 1997). Estudos sobre a depressão por endogamia em espécies florestais têm detectado reduções drásticas no crescimento das árvores (na ordem de 10 a 80% para altura), variando de acordo com a espécie, população e progênie (Fowler, 1980; Wilcox, 1983; Geburek, 1986; Wu *et al.*, 1998; Koelewijn *et al.*, 1999, entre outros).

Este estudo teve como propósito avaliar a estrutura genética de indivíduos adultos e progênies de uma população natural e uma manejada de *T. cassinoides*. Assim, se objetivou: a) estudar a distribuição da variação genética entre e dentro das populações; b) analisar os possíveis efeitos do manejo na variabilidade genética de uma população natural e uma manejada, e c) sugerir possíveis diretrizes para o manejo e para a conservação da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem

O trabalho foi realizado no município de Iguape-SP, em duas ocorrências naturais de *T. cassinoides*: uma sem influência antrópica (população natural) e outra que sofreu intervenção através de manejo tradicional (população manejada). O manejo tradicional caracteriza-se pelo corte dos indivíduos acima de 15 cm de DAP, com posterior rebrota e/ou regeneração por sementes, vindo o corte a seguir quando os indivíduos regenerados alcançarem novamente o DAP mínimo comercial (15 cm), com idade de aproximadamente 7 anos. A população natural está localizada na Estação Ecológica da Juréia, do Instituto Florestal de São Paulo, município de Iguape, SP.

Foram amostradas aleatoriamente 56 e 57 árvores adultas na população natural e manejada, respectivamente. Também foram coletadas sementes em 11 árvores na população natural e 10 na manejada. De cada árvore foram genotipadas 10 plantas totalizando 110 indivíduos na população natural e 100 na manejada. A eletroforese de isoenzimas foi a horizontal, conduzida em meio suporte de gel de 2/3 de amido de milho (penetrose 30) a 13%, combinado com 1/3 de amido de batata (Sigma). As “corridas” foram realizadas no Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas (LARGEA), em geladeira com temperatura de 5°C, mantendo-se a corrente constante em 35 miliampéres nos eletrodos. As enzimas foram extraídas de tecidos foliares de árvores adultas e plântulas com um ano de idade, empregando-se aproximadamente 20 mg de tecido de limbo foliar, 10 mg de areia lavada, 7 mg de Polivinil Pirrolidona (PVP 40), 7 mg de Polivinil Pirrolidona (PVP-60) e 200 microlitros de solução de extração número 3 de Soltis & Soltis (1989) para tecidos com alta concentração de compostos secundários. O tampão do eletrodo e do gel utilizado foi o Histidina, pH 6,6. As isoenzimas reveladas foram: Alfa-Esterase (α -EST-E.C. 3.1.1.1), Fosfoglucomutase (PGM-E.C. 2.7.5.1), 6-Fosfogluconato Desidrogenase (6PGDH-E.C. 1.1.1.44), Fosfogluose Isomerase (PGI-E.C. 5.3.1.9), Isocitrato Desidrogenase (IDH-E.C. 1.1.1.42), Malato Desidrogenase (MDH-E.C. 1.1.1.37), Peroxidase (PO-E.C. 1.11.1.7) e Xiquimato Desidrogenase (SKDH-E.C. 1.1.1.25). O protocolo de revelação das isoenzimas é o mesmo apresentado por Alfenas (1998).

2.2 Análise Estatística

A diversidade genética dentro das populações foi analisada pela heterozigosidade observada (\hat{H}_o), heterozigosidade esperada pelo Equilíbrio de Hardy-Weinberg (\hat{H}_e), número médio de alelos por loco (\hat{A}), porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}) e índices de fixação de Wright (\hat{f}), estimativas obtidas a partir do programa BIOSYS-1 (Swofford & Selander, 1989). As freqüências alélicas foram estimadas por: $\hat{p}_{ij} = n_{ij}/n_j$, onde \hat{p}_{ij} = freqüência do alelo i na população j ; n_{ij} = número de ocorrência do alelo i na população j ; n_j = número total de alelos amostrados na população j . O índice \hat{H}_o para cada loco foi obtido por $\hat{H}_o = 1 - \sum P_{ii}$, onde: P_{ii} = freqüência do homozigoto ii e, \hat{H}_e por $\hat{H}_e = 1 - \sum p_{ij}^2$, onde: p_{ij} = freqüência alélica estimada do i -ésimo alelo no j -ésimo loco. A estimativa média sobre os locos de \hat{H}_o e \hat{H}_e foi obtida pela média aritmética entre todos os locos analisados (monomórficos mais polimórficos). O valor \hat{P} foi calculado pela média aritmética do número total de alelos pelo número de locos, sendo que um loco foi considerado polimórfico quando a freqüência do alelo mais comum não ultrapassava 95%. O valor \hat{A} foi obtido pela divisão do número total de alelos pelo número total de locos. O índice \hat{f} foi estimado para a média dos locos pela expressão (Weir, 1996):

$$\hat{f} = \frac{(\sum \hat{H}_e - \sum \hat{H}_o) + \frac{1}{2n} \sum \hat{H}_o}{\sum \hat{H}_e - \frac{1}{2n} \sum \hat{H}_o}$$

A significância de \hat{f} foi obtida a partir de 10.000 reamostragens “bootstrap” sobre locos. O teste de Equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW) foi realizado pelo teste exato de Haldane, fornecido também pelo programa BIOSYS-1 (Swofford & Selander, 1989).

A distribuição da variabilidade genética entre e dentro das populações foi caracterizada por análise de variância de frequências alélicas (Weir, 1996), considerando o efeito de alelos, indivíduos e progênies como aleatórios e de populações como fixo. Assim, de acordo com Weir, a variável x_{ij} corresponde ao alelo “j” na população “i”, portanto, quando x_{ij} estava presente, recebeu o valor 1,0 e quando estava ausente recebeu o valor zero. O modelo estatístico para a análise hierárquica de indivíduos dentro de progênies foi:

$$Y_{ijk} = m + f_i + b_{j(i)} + g_{k(ij)}$$

em que, Y_{ijk} = frequência do alelo k , dentro do indivíduo j , dentro da progênie i ; m = média geral das frequências alélicas; f_i = efeito da progênie i , com $i = 1, 2, \dots, a$; $b_{j(i)}$ = efeito do indivíduo j , dentro da progênie i , com $j = 1, 2, \dots, b_i$; $g_{k(ij)}$ = efeito do alelo k , dentro do indivíduo j , dentro da progênie i , com $k = 1, 2, \dots, n_{ij}$. Os parâmetros genéticos estimados foram: $\hat{\theta}_F$ = divergência genética entre progênies ou coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênies; \hat{F} = correlação entre alelos, dentro de indivíduos de diferentes progênies; \hat{f} = índice de fixação ou correlação entre alelos dentro de indivíduos de mesma progênie.

Para análise de variância das frequências alélicas de indivíduos, dentro de progênies, dentro de populações, utilizou-se o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = m + p_i + f_{j(i)} + b_{k(ij)} + g_{l(ijk)}$$

em que, Y_{ijkl} = frequência do alelo l , dentro do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i ; m = média geral das frequências alélicas; p_i = efeito fixo da população i , com $i = 1, 2, \dots, a$; $f_{j(i)}$ = efeito da progênie j , dentro da população i , com $j = 1, 2, \dots, b_i$; $b_{k(ij)}$ = efeito do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i , com $k = 1, 2, \dots, c_{ij}$; $g_{l(ijk)}$ = efeito do alelo l , dentro do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i , com $l = 1, 2, \dots, n_{ijk}$. As estimativas dos componentes da variância para a hierarquia de genes/indivíduos/progênies/populações também foram obtidas segundo Weir (1996). Os coeficientes de coancestralidade e endogamia estimados foram: $\hat{\theta}_p$ = coeficiente de parentesco

entre indivíduos dentro de populações ou divergência genética entre populações; $\hat{\theta}_F$ = coeficiente de parentesco ou coancestralidade das plantas dentro das progênies; \hat{F} = correlação entre alelos dentro de indivíduos de diferentes populações; \hat{f} = correlação entre alelos dentro de indivíduos dentro de populações.

A análise das frequências alélicas das árvores adultas foi realizada com base no modelo estatístico:

$$Y_{ikl} = m + p_i + b_{k(i)} + g_{l(ik)}$$

em que, Y_{ikl} = frequência do gene l , dentro do indivíduo k , dentro da população i ; m = média geral da frequência alélica; p_i = efeito fixo da população i , com $i = 1, 2, \dots, a$; $b_{k(i)}$ = efeito do indivíduo k , dentro da população i , com $k = 1, 2, \dots, b_i$; $g_{l(ik)}$ = efeito do gene l , dentro do indivíduo k , dentro da população i , com $l = 1, 2, \dots, n_{ik}$. Os parâmetros genéticos estimados foram: $\hat{\theta}_p$ = divergência genética entre populações ou coeficiente de parentesco entre árvores dentro de populações; \hat{F} = índice de fixação médio para o conjunto das populações; \hat{f} = índice de fixação médio dentro de populações.

Para verificar se as estimativas médias de $\hat{\theta}_p$, $\hat{\theta}_F$, \hat{F} , e \hat{f} eram estatisticamente diferentes de zero, estimou-se o intervalo de confiança a 95% de probabilidade pelo método de reamostragem *bootstrap*. Utilizaram-se 10.000 repetições sobre os locos. As análises de variâncias, descritas acima e os *bootstraps* foram obtidos através do programa GDA de Lewis & Zaykin (1999).

A correlação de cruzamento (\hat{r}_s) ou a probabilidade de se encontrar um indivíduo de autofecundação em uma progênie onde existe outro, também de autofecundação e, a correlação de paternidade (\hat{r}_p) ou a proporção de irmãos-completos nas progênies de cruzamento foi estimada para cada população pelo programa MLTR (“Multilocus”) de Ritland (1997)*, baseada no modelo misto de reprodução. As pressuposições assumidas pelo modelo são dadas por Ritland & Jain (1981).

(*) RITLAND, K. Multilocus mating system program MLTR: version 1.1. Canada: University of Toronto, 1997. (Não publicado).

O tamanho efetivo de populações (\hat{N}_e) foi estimado para as árvores adultas por:

$$\hat{N}_e = \frac{0,5}{\hat{\theta}\left(\frac{n-1}{n}\right) + \frac{1+f}{2n}}$$

em que, n = tamanho da amostra; \hat{f} = índice de fixação da população; $\hat{\theta}$ = coeficiente de parentesco dentro de populações. Já o tamanho efetivo para as progênies, foi estimado por Vencovsky & Crossa (1999):

$$\hat{N}_e = \frac{0,5}{\hat{\theta}_f\left(\frac{1+\hat{C}_f}{m} - \frac{1}{n}\right) + \frac{1+\hat{f}}{2n}}$$

em que, $\hat{\theta}_f$ = coeficiente de parentesco dentro de progênies ou divergência genética entre progênies; m = número de progênies; n = número total de indivíduos avaliados na população ($n = \sum n_i$); \hat{C}_f é o quadrado do coeficiente de variação do número de indivíduos (n_i) avaliados nas progênies ($i = 1, 2, \dots, v$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Frequências Alélicas e Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Os locos isoezimáticos segregaram até quatro alelos (TABELA 1). A população natural apresentou quatro alelos que se encontravam ausentes na população manejada (alelo 3 no loco Mdh-1, Mdh-2 e 6Pdgh-1 e alelo 4 no loco α -Est-1).

A ausência de alelos na população manejada já havia sido relatada por Sebbenn *et al.* (2000), avaliando as progênies destas populações. Os autores atribuíram o menor número de alelos na população manejada em relação à natural, aos efeitos da deriva genética, causada pelo processo de exploração. Também se verifica que dois alelos presentes nos adultos da população natural (alelo 3, loco Mdh-1 e Mdh-2) e um na manejada (alelo 3, loco α -Est-2), não se encontram nas progênies das respectivas populações. Em todos estes casos, os alelos apresentavam frequência baixa (máxima 7,3%, alelo 3, α -Est-2, pop. natural), sugerindo efeitos de deriva amostral, durante o processo de reprodução ou devido ao pequeno número de plantas avaliadas por progênies (10). Estas hipóteses são reforçadas pelas diferenças nas frequências alélicas entre adultos e progênies, como por exemplo, o caso do alelo 2 no loco Pgm-2, Prx-1, Idh-1 e 6Pdgh-1, alelo 3 no loco α -Est-1 e alelo 1 no loco α -Est-2, na população natural. Comportamento semelhante é observado na população manejada nos locos Pgi-1, Mdh-2, Prx-2, α -Est-2 e 6Pdgh-1. Entretanto, de modo geral, os alelos que foram mais frequentes ou raros em um loco, em uma população, também o foram na outra, indicando baixa divergência genética entre populações.

O teste de Equilíbrio de Hardy-Weinberg-EHW (TABELA 2) mostrou que todos os locos em ambas as populações de indivíduos adultos se encontram perfeitamente ajustados ao modelo. Já, nas progênies, observa-se desvios em cinco locos na população natural e oito na manejada, indicando que estão ocorrendo desvios de cruzamentos aleatórios nas populações. Em concordância, Sebbenn *et al.* (2000) observaram que a espécie se reproduz por sistema misto, combinando cruzamentos aleatórios, preferenciais, entre aparentados e autofecundações (TABELA 4). Desvios do EHW podem levar ao aumento dos níveis de endogamia nas populações, gerando por sua vez, depressão por endogamia, caso não existam fortes forças seletivas atuando contra estes efeitos.

TABELA 1 - Frequências alélicas em 13 locos isoenzimáticos em duas populações de indivíduos adultos e progênes de *T. cassinoides*.

| População | Geração | Alelo | Pgi-2 | Pgm-1 | Pgm-2 | Mdh-2 | Mdh-3 | Prx-1 | Prx-2 | α -Est-1 | α -Est-2 | Idh-1 | 6Pg-1 | 6Pg-2 | Skdh-1 |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|--------|
| Natural | Adultos | 1 | 0,670 | 0,786 | 0,691 | 0,589 | 0,777 | 0,786 | 0,862 | 0,446 | 0,509 | 0,875 | 0,580 | 1,000 | 0,760 |
| | | 2 | 0,286 | 0,196 | 0,287 | 0,393 | 0,214 | 0,214 | 0,138 | 0,455 | 0,418 | 0,125 | 0,398 | | 0,208 |
| | | 3 | 0,045 | 0,018 | 0,021 | 0,018 | 0,009 | | | 0,071 | 0,073 | | 0,023 | | 0,031 |
| | | 4 | | | | | | | | 0,027 | | | | | |
| (Juréia) | Progênes | 1 | 0,659 | 0,857 | 0,898 | 0,714 | 0,808 | 0,545 | 0,841 | 0,337 | 0,338 | 0,982 | 0,877 | 1,000 | 0,868 |
| | | 2 | 0,314 | 0,100 | 0,017 | 0,286 | 0,192 | 0,455 | 0,159 | 0,375 | 0,537 | 0,018 | 0,105 | | 0,127 |
| | | 3 | 0,027 | 0,043 | 0,085 | | | | | 0,269 | 0,039 | | 0,018 | | 0,005 |
| | | 4 | | | | | | | | 0,109 | | | | | |
| Manejada | Adultos | 1 | 0,754 | 0,974 | 0,930 | 0,667 | 0,947 | 0,763 | 0,918 | 0,719 | 0,570 | 0,933 | 0,777 | 1,000 | 0,759 |
| | | 2 | 0,158 | 0,009 | 0,053 | 0,333 | 0,053 | 0,237 | 0,082 | 0,211 | 0,404 | 0,077 | 0,233 | | 0,223 |
| | | 3 | 0,088 | 0,018 | 0,018 | | | | | 0,070 | 0,026 | | | | 0,018 |
| (Iguape) | Progênes | 1 | 0,712 | 0,948 | 0,915 | 0,753 | 0,900 | 0,775 | 0,719 | 0,635 | 0,657 | 0,970 | 0,974 | 1,000 | 0,763 |
| | | 2 | 0,242 | 0,036 | 0,032 | 0,247 | 0,100 | 0,225 | 0,281 | 0,290 | 0,343 | 0,030 | 0,026 | | 0,215 |
| | | 3 | 0,045 | 0,016 | 0,053 | | | | | 0,075 | | | | | 0,022 |

TABELA 2 - Probabilidades exatas de Haldane para o Equilíbrio de Hardy-Weinberg em indivíduos adultos e progênies de populações de *T. cassinoides*.

| Locos | Populações - Adultos | | Populações - Progênies | |
|---------|----------------------|----------|------------------------|----------|
| | Natural | Manejada | Natural | Manejada |
| Pgi-1 | 0,127 | 0,722 | 0,000 | 0,006 |
| Pgm-1 | 0,100 | 1,000 | 0,337 | 1,000 |
| Pgm-2 | 0,312 | 1,000 | 1,000 | 0,123 |
| Mdh-2 | 0,269 | 0,237 | 0,000 | 0,000 |
| Mdh-3 | 0,260 | 1,000 | 0,531 | 0,223 |
| Prx-1 | 1,000 | 0,712 | 0,000 | 0,000 |
| Prx-2 | 1,000 | 1,000 | 0,009 | 0,000 |
| Est-1 | 1,000 | 1,000 | 0,063 | 0,017 |
| Est-2 | 0,288 | 0,184 | 0,227 | 0,002 |
| Idh-1 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 6Pgdh-1 | 0,062 | 0,115 | 0,661 | 0,050 |
| Skdh-1 | 0,709 | 1,000 | 0,020 | 0,000 |

3.2 Distribuição da Variabilidade Genética Entre e Dentro de Populações

As análises da estrutura genética das populações mostraram, tanto para indivíduos adultos como para progênies, baixa divergência genética entre populações ($\hat{\theta}_p < 5\%$), indicando que mais de 95% da variabilidade genética se encontra distribuída dentro das populações (TABELA 3). A maioria dos estudos realizados com espécies arbóreas (tanto tropicais como temperadas), utilizando marcadores genéticos co-dominantes (isoenzimas e microssatélites), têm revelado que a maior parte da variabilidade genética se encontra dentro das populações (Hamrick & Godt, 1990). A divergência genética entre populações, na maioria das situações, não supera o patamar de 5%. Maiores valores de divergência genética são encontrados quando são estudadas muitas populações, representando uma grande diversidade de *habitats* de ocorrência das espécies e/ou existem grandes diferenças na taxa de cruzamento entre populações. Desta forma, como aqui se estudou apenas duas populações, distanciadas de somente 100 km, grandes diferenças não eram esperadas. A baixa diferenciação entre a população natural e a manejada indica que o manejo, até este momento, não causou grandes mudanças nas frequências alélicas das populações, isto é, as frequências alélicas mantiveram-se parcialmente estáveis entre populações. Porém, ocorreu a perda de alguns alelos

de frequência rara ($< 5\%$), os quais são de grande importância evolutiva para a espécie florestal em caso drástico de alterações ambientais, como aumento na poluição e mudanças climáticas (Krusche & Geburek, 1991). Alelos raros contribuem pouco para medidas de divergência genética entre populações ($\hat{\theta}_p$). O efeito de amostragem ou deriva genética causado pelo corte seletivo, retirando indivíduos com DAP superiores a 15 cm, parece ser a causa da perda de alelos raros. Estudos em espécies florestais, avaliando a variabilidade genética em populações sob seleção para o melhoramento genético, têm revelado resultados semelhantes. Mori (1993), estudando diferentes intensidades de seleção em clones de *Eucalyptus grandis*, observou a perda de alelos de frequência inferior a 5%, quando a intensidade de seleção era de 40% e de alelos com frequência 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. Tais resultados mostram que a redução do tamanho das populações leva à perda de alelos de baixa frequência, sendo tanto maior a perda quanto maior a redução do tamanho da população, em concordância com as predições teóricas postuladas pela literatura corrente, que avalia os efeitos do tamanho amostral sobre a deriva genética (Crow & Kimura, 1970; Mettler & Gregg, 1973; Hart & Clark, 1989; Hedrick, 1999).

TABELA 3 - Índice de fixação médio dentro de populações (\hat{f}), conjunto das populações (\hat{F}), divergência genética entre progênes ($\hat{\theta}_f$) e divergência genética entre populações ($\hat{\theta}_p$), em indivíduos adultos e progênes de duas populações de *T. cassinoides*.

| | Progênes ^a | | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Adultos | Populações | Pop. Natural | Pop. Manejada |
| \hat{f} | 0,014 [-0,064 a 0,100] | 0,124 [-0,021 a 0,260] | 0,050 [-0,110 a 0,219] | 0,233 [0,072 a 0,413] |
| \hat{F} | 0,061 [-0,034 a 0,161] | 0,295 [0,175 a 0,405] | 0,207 [0,052 a 0,355] | 0,367 [0,224 a 0,511] |
| $\hat{\theta}_f$ | ---- | 0,195 [0,152 a 0,224] | 0,165 [0,126 a 0,205] | 0,162 [0,111 a 0,203] |
| $\hat{\theta}_p$ | 0,047 [0,015 a 0,083] | 0,039 [0,152 a 0,225] | ---- | ---- |

[] Intervalo de confiança, obtido por 10.000 reamostragens “bootstraps”,
(a) Fonte: Sebbenn *et al.* (2000).

A divergência genética entre progênes dentro de populações ($\hat{\theta}_f$) foi superior a 0,125, valor esperado em progênes exclusivamente de meios-irmãos, indicando a presença de indivíduos com outros graus de parentesco. Em concordância, Sebbenn *et al.* (2000), detectaram altas taxas de autofecundação e cruzamento entre parentes (TABELA 4). Neste prévio estudo, os autores não avaliaram a correlação de autofecundação, nem a correlação de paternidade. A correlação de autofecundação (\hat{r}_s) mostrou, para ambas as populações, valores baixos (< 0,07), revelando que não existe a tendência em uma ou outra progênie apresentar um maior número de indivíduos gerados por autofecundação e que estes se encontram

aleatoriamente distribuídos dentro das progênes. Porém, a correlação de paternidade (\hat{r}_p) evidenciou valores relativamente altos (mínimo 0,295 - pop. manejada), sugerindo que uma boa parte das progênes geradas por cruzamento foi originada por pólen de mesma árvore, em especial na população natural. Pode-se, assim, afirmar que as progênes de *T. cassinoides* não são exclusivamente meios-irmãos, mas sim uma mistura de meios-irmãos, irmãos-completos e indivíduos de autofecundação, confirmando a magnitude da divergência genética entre progênes. Misturas de diferentes graus de parentescos dentro de progênes de polinização aberta em espécies florestais também foram encontradas por Millar *et al.* (2000), Seoane *et al.* (2001) e Sebbenn *et al.* (2000).

TABELA 4 - Tamanho da amostra (n), clones repetidos (n_{clones}), número de indivíduos diferentes (n'), número médio de alelos por loco (\hat{A}) e porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}), heterozigosidade observada (\hat{H}_o), heterozigosidade esperada (\hat{H}_e), índice de fixação (\hat{f}), tamanho efetivo populacional (\hat{N}_e), relação entre tamanho efetivo e tamanho da amostra (\hat{N}_e/n), taxa de cruzamento multilocos (\hat{t}_m), unilocos (\hat{t}_s), entre aparentados ($\hat{t}_m - \hat{t}_s$), taxa de autofecundação (\hat{S}), correlação da taxa de cruzamento (\hat{r}_s) e correlação de paternidade (\hat{r}_p), em populações de indivíduos adultos e progênies de *T. cassinoides*.

| | Adultos | | Progênies ^a | |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Natural | Manejada | Natural | Manejada |
| n | 56 | 57 | 110 | 100 |
| n_{clones} | 10 | 2 | ---- | ---- |
| n' | 46 | 55 | ---- | ---- |
| \hat{A} | 2,7 (0,2) | 2,4 (0,2) | 2,5 (0,2) | 2,3 (0,2) |
| \hat{P} (95%) | 92,3% | 84,6% | 84,6% | 76,9% |
| \hat{H}_o | 0,376 (0,050) | 0,382 (0,045) | 0,253 (0,041) | 0,174 (0,036) |
| \hat{H}_e | 0,264 (0,048) | 0,267 (0,048) | 0,314 (0,051) | 0,266 (0,049) |
| \hat{f} | 0,017 [-0,083 a 0,123] | 0,012 [-0,070 a 0,091] | 0,207 [0,051 a 0,355] | 0,357 [0,224 a 0,511] |
| \hat{N}_e | 8,7 | 9,0 | 31,4 | 29,0 |
| \hat{N}_e/n | 0,19 | 0,16 | 0,29 | 0,29 |
| \hat{t}_m | ---- | ---- | 0,895 (0,048) | 0,783 (0,104) |
| \hat{t}_s | ---- | ---- | 0,720 (0,062) | 0,690 (0,090) |
| $\hat{t}_m - \hat{t}_s$ | ---- | ---- | 0,175 (0,040) | 0,092 (0,048) |
| \hat{S} | ---- | ---- | 0,105 | 0,217 |
| \hat{r}_s | ---- | ---- | 0,054 (0,010) | 0,068 (0,016) |
| \hat{r}_p | ---- | ---- | 0,547 (0,095) | 0,295 (0,070) |

() Erro padrão da média.

[] Intervalo de confiança, obtido por 10.000 reamostragens "bootstraps".

(a) Fonte: Sebbenn *et al.* (2000).

Nas progênies, o índice de fixação dentro de populações (\hat{f}) e o conjunto das populações (\hat{F}) apresentaram valores positivos altos e significativamente diferentes de zero (TABELA 3), com exceção do \hat{f} , na população natural, indicando excesso de homozigotos e que a endogamia é comum tanto nas progênies da população natural como na manejada, mas especialmente na última. No entanto, avaliando-se estes mesmos índices nos adultos, observa-se valores positivos e não significativamente diferentes de zero, demonstrando ausência de endogamia e sugerindo seleção para heterozigotos entre a fase de plântulas e adultos. Seleção para heterozigotos entre a fase de plântulas e a fase adulta também foi detectada em *Pinus ponderosa* (Linhart *et al.*, 1981), *Pseudotsuga menziensis* (Shaw & Allard, 1982), *Abies balsamiae* (Neale & Adams, 1985), *Picea mariana* (Boyle & Moergens, 1986), *Pinus radiata* (Plessas & Strauss, 1986), *Eucalyptus rhodantha* (Sampson *et al.*, 1989), *Euterpes edulis* (Reis, 1996), *Eucalyptus argutifolia* (Kennington & James, 1997), *Genipa americana* (Sebbenn *et al.*, 1998), *Eucalyptus marginata* (Millar *et al.*, 2000), *Metrosideros excelsa* (Schmidt-Adams *et al.*, 2000) e *Cariniana legalis* (Sebbenn *et al.*, 2000), entre outros. Este fenômeno é altamente favorável à manutenção da variabilidade genética em populações naturais. Contudo, se o efeito gargalo causado pelo manejo seletivo for muito intenso, o parentesco dentro das populações pode crescer muito rapidamente (poucas gerações) levando à erosão genética das populações.

Observa-se ainda, que o índice \hat{F} foi muito superior ao índice \hat{f} , indicando que o processo de deriva combinado com o sistema reprodutivo foram os responsáveis pelos altos níveis de endogamia, em especial nas progênies.

3.3 Variabilidade Genética Dentro de Populações

Uma avaliação visual dos genótipos isoenzimáticos revelou a presença de indivíduos idênticos nas populações de árvores adultas. Na população natural foram detectados seis indivíduos repetidos, sendo dois com uma cópia e quatro com duas cópias, totalizando 10 possíveis clones. Na manejada foram detectados apenas dois indivíduos repetidos,

sendo ambos com apenas uma cópia. O menor número de clones na população manejada, possivelmente está associado ao processo de exploração, isto é, o corte seletivo teria eliminado os clones na população natural.

O número de alelos por locos (\hat{A}) e a porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}) foram maiores nas árvores adultas do que nas progênies e na população natural em relação à manejada (TABELA 4). Primeiro, isto mostra que ocorreu deriva genética durante o processo de reprodução e, segundo, que o manejo reduziu os níveis de variabilidade genética entre e dentro de locos. As heterozigosidades observadas (\hat{H}_o) e esperadas (\hat{H}_e) e o índice de fixação dentro das populações (\hat{f}) também foram muito superiores nas plantas adultas em relação às progênies, sugerindo a presença de deriva genética devido ao sistema de reprodução, manejo e seleção contra homozigotos nas populações.

De forma interessante, as heterozigosidades e o índice de fixação foram semelhantes nos adultos da população natural e manejada, mas as heterozigosidades caíram e o índice de fixação aumentou drasticamente na geração de progênies. Na população natural, a heterozigosidade observada caiu e a esperada e o índice de fixação subiram nas progênies, demonstrando que esta população, apesar de perder variabilidade genética (\hat{H}_o) e aumentar a endogamia (\hat{f}) não perdeu potencial evolutivo (\hat{H}_e) com o processo de reprodução. Já a população manejada perdeu maior variabilidade genética e aumentou os níveis de endogamia.

Os níveis de heterozigosidade observados nas populações de *T. cassinoides* podem ser considerados altos se comparados com outras espécies arbóreas tropicais. Hamrick & Godt (1990) estimaram em 0,157 a \hat{H}_e de espécies de polinização entomofílica e dispersão de sementes via anemocória. Murawski & Hamrick (1991) estimaram, para espécies arbóreas tropicais comuns, uma \hat{H}_e média de 0,146. Tais resultados, comparados com os aqui obtidos, demonstram que *T. cassinoides* apresenta altos níveis de variabilidade genética.

A alta variabilidade pode ser atribuída ao fato de a espécie ser comum, apresentar alta densidade espacial, sofrer seleção contra homozigotos e apresentar eficientes mecanismos de dispersão de genes (pólen e sementes), permitindo assim, uma intensa troca gênica entre e dentro de populações.

De modo geral, estes resultados indicam que certos níveis de endogamia são naturalmente gerados nas progênes de *T. cassinoides*, pelo processo de reprodução, porém, o corte seletivo realizado pelo manejo está alterando drasticamente o sistema de reprodução da espécie, gerando maiores níveis de endogamia nas populações sob manejo. Este comportamento já havia sido descrito como plausível por Sebbenn *et al.* (2000), apesar de os autores não terem avaliado a geração de indivíduos adultos

3.4 Manejo Florestal e Conservação Genética

A variabilidade genética foi menor na população manejada (TABELA 4) devido à perda de alelos raros e aumento na taxa de autofecundação e endogamia nas progênes. O corte seletivo leva à exclusão de genótipos e, conseqüentemente, à perda de alelos por deriva genética, como já discutido anteriormente. Como a espécie se regenera por rebrota, após o corte, os genótipos não são efetivamente eliminados das populações, mas excluídos dos eventos reprodutivos, entre a fase de corte e a fase em que a regeneração entra novamente em reprodução. A redução da população reprodutiva, pelo manejo, causa um efeito conhecido como gargalo genético, que é o afunilamento da base genética da população, tendo como conseqüências a deriva genética, caracterizada pela perda de alelos de baixa freqüência e o aumento do grau de parentesco e dos níveis de endogamia dentro das populações (Ellstrand & Elam, 1993). Desta forma, as freqüências alélicas das próximas gerações sempre serão dominadas pelas freqüências alélicas das porta-sementes, devido a estas produzirem maior quantidade de pólen e óvulos. Para tanto, é necessária a manutenção de um número de porta-sementes por hectare que minimize os efeitos adversos da deriva genética.

A eliminação total das porta-sementes e a redução do DAP mínimo de corte para 12 cm, que é a proposta atual dos manejadores, poderá, com o passar das gerações, levar à degradação genética e à redução na produtividade das populações sob manejo. A determinação do número mínimo de porta-sementes a serem mantidos por hectare pelo manejo deve ser feita com base no \hat{N}_e . A estimativa do tamanho efetivo populacional (\hat{N}_e) foi obtida para os adultos considerando o provável parentesco ($\hat{\theta}_p$) e a endogamia presente dentro das populações (\hat{f}). O coeficiente $\hat{\theta}_p$, mede a divergência genética entre populações a partir do parentesco dentro das populações. Já, o \hat{N}_e para progênes foi medido pelo coeficiente de parentesco ou coancestralidade entre plantas dentro de progênes ($\hat{\theta}_f$) e pela endogamia no conjunto das progênes (\hat{f}) (TABELA 4).

O tamanho efetivo foi semelhante entre a população natural e a manejada, tanto para as progênes como para as plantas adultas. Contudo, a relação entre o tamanho efetivo e o tamanho amostral, excluindo-se os clones idênticos (n') foi maior na população natural de indivíduos adultos (0,19) do que na manejada (0,16), indicando que cada 100 árvores adultas na população natural e manejada correspondem, respectivamente, a 19 e 16 árvores de uma população infinita sem parentesco, endogamia e praticando cruzamentos aleatórios (pop. panmítica ideal). Para progênes, tal relação foi idêntica (0,29), apesar do menor tamanho amostral na população manejada. O \hat{N}_e das plantas adultas foi expressivamente inferior aos apresentados pelas progênes, para ambas as populações. O \hat{N}_e é mais afetado pelo parentesco dentro das populações do que pela endogamia. Portanto, a presença de parentesco dentro das populações causa maior redução no \hat{N}_e , do que a endogamia por si só.

O tamanho efetivo de 50 plantas tem sido preconizado como mínimo para a conservação genética de uma população a curto prazo (Frankel & Soulé, 1981). Como este tamanho foi determinado para espécies que apresentam gerações discretas, sem sobreposição de gerações, Sebbenn *et al.* (2001)* sugeriram que este número seja ampliado em espécies florestais para pelo menos 60. Adotando-se tal recomendação, os resultados mostraram que para se manter o tamanho efetivo de 60 plantas por população, é necessário preservar pelo menos 318 $[(46 \times 60)/8,7]$ árvores por população. Definindo arbitrariamente a área ocupada por uma população de *T. cassinoides* em, no máximo 4 hectares, a conservação *in situ* de 80 (318 árvores/4 ha) árvores por hectare, permite a preservação do tamanho efetivo de 60. Sebbenn *et al.* (2000) determinaram com base em estimativas otimistas, a necessidade de preservar 60 árvores porta-sementes por hectare para a conservação de um tamanho efetivo de 50 plantas por hectare, resultado muito semelhante ao encontrado diretamente com avaliação do tamanho efetivo das populações de indivíduos adultos. Tendo em vista que ocorrem aproximadamente 324 indivíduos por hectare com DAP superior a 15 cm**, 80 árvores por hectare, correspondem à conservação de apenas 25% do total dos indivíduos, logo, a exploração de 75% das árvores com DAP superior a 15 cm. As plantas preservadas como porta-sementes devem estar em plena fase reprodutiva e distribuídas uniformemente por toda a área dos caixetais, a fim de otimizar os cruzamentos e reduzir a probabilidade de selecionar clones idênticos e indivíduos aparentados.

O aumento no número de porta-sementes possivelmente reduz a taxa de autofecundação, pela menor distância entre as plantas e, principalmente, aumentando o número de indivíduos contribuintes para as frequências alélicas das próximas gerações, reduzindo assim as chances de perda de alelos por deriva genética. Recomenda-se também que populações sejam conservadas intactas *in situ*, em toda área de ocorrência natural da espécie e *ex situ* com material igualmente coletado de toda a área de ocorrência. Para a conservação *ex situ* recomenda-se, com base em Sebbenn *et al.* (2001), que pelo menos 30 populações sejam amostradas, sendo em cada uma coletada sementes de pelo menos 15 árvores.

Os resultados obtidos neste estudo, apesar de esperados pela teoria corrente em genética de populações, são preliminares, sendo importante a avaliação genética de um número maior de populações manejadas e naturais, a fim de sedimentar melhor os resultados observados. Assim, sugere-se em um futuro estudo, a análise de mais uma população natural e três manejadas. O tamanho amostral para plantas adultas pode ser o mesmo aqui utilizado (> 50 árvores/população), mas o de progênies deve ser ampliado para aproximadamente 30 progênies por população e 10 plantas por progênie, com base em Sebbenn *et al.* (2001).

5 CONCLUSÕES

1. A distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações revelou que mais de 95% da variabilidade genética se encontra distribuída dentro das populações.
2. A divergência genética entre a população manejada e a natural, apesar de baixa, revelou a perda de alelos raros, por deriva genética, causada pelo manejo realizado.
3. O manejo realizado causou a perda de alelos raros, redução nas heterozigosidades, porcentagem de locos polimórficos e aumento no coeficiente de endogamia.
4. As progênies foram compostas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos e indivíduos de autofecundação.
5. Para efetivar o manejo sustentável da espécie, considerando o componente genético, é necessária a conservação de pelo menos 80 árvores porta-sementes por hectare.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos técnicos Elza M. Ferraz e Gelson D. Fernandes pelo apoio técnico no laboratório de eletroforese de isoenzimas do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP e à FAPESP pelo financiamento do projeto (processo nº 95/04638-0).

(*) SEBBENN, A. M.; VENCOSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y. Tamanho e número de populações para a conservação genética de espécies florestais. São Paulo: Instituto Florestal, 2001. 37 p. (Em preparação).

(**) Marquesini, dados não publicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, S. A. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 574 p.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.
- BAWA, K. S.; KRUGMAN, S. L. Reproductive biology and benetics of tropical trees in relation to conservation and management. In: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. **Rain Forest regeneration and management.** Roma: UNESCO, 1990. v. 6, p. 119-136.
- BOYLE, T. J. B.; MORGENSTERN, E. K. Estimation of outcrossing rates in six populations of Black Spruce in central New Brunswick. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 35, n. 2, p. 102-106, 1986.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CROW, J. F.; KIMURA, M. A. **An introduction to population genetics theory.** London: Harper & Row Publishers, 1970. 591 p.
- ELLSTRAND, N.; ELAM, D. R. Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. *Annual Review Ecology and Systematic*, Davis, v. 24, p. 217-241, 1993.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics.** Harlow: Longman Group Ltd., 1996. 464 p.
- FWLER, D. P. Hybridization of Black Spruce and Serbian Spruce. *MFRC Information*, California, v. 112, p. 1-30, 1980.
- FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution.** Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327 p.
- GEBUREK, T. Some results of inbreeding depression in serbian spruce (*Pecea omorica* (Panc.) Purk.). *Silvae Genetica* Frankfurt, v. 35, n. 4, p. 169-172, 1986.
- HAMRICK, J. L.; 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 Associated Inc., 1990. p. 43-63.
- 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.
- HART, D. L.; CLARK, A. G. **Principles of populations genetics.** Sunderland: Sinauer Associated Inc., 1989. 682 p.
- HEDRICK, P. W. **Genetics of populations.** Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 1999. 552 p.
- KENNINGTON, W. J.; JAMES, S. H. The effect of small population size on the mating system of a rare mallee, *Eucalyptus argutifolia* (Myrtaceae). *Heredity*, Lund, v. 78, p. 252-260, 1997.
- KOELEWIJN, H. P.; KOSKI, V.; SAVOLAINEN, O. Magnitude and timing of inbreeding depression in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Evolution*, San Francisco, v. 53, n. 3, p. 758-768, 1999.
- KRUSCHE, D.; GEBUREK, T. Conservation of forest gene resources as related to sample size. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 40, p. 145-150, 1991.
- LEWIS, P. O.; ZAYKIN, D. **GDA - Genetic Data Analysis: version 1.0(d12) for Windows.** Albuquerque: The University of New Mexico, 1999. 89 p.
- LINHART, Y. B. *et al.* Genetic variation in space and time in a population of ponderosa pine. *Heredity*, Lund, v. 46, p. 407-426, 1981.
- METTLER, L. E.; GREGG, T. G. **Genética de populações e evolução.** São Paulo: Polígono e EDUSP, 1973. 262 p.
- MILLAR, M. A. *et al.* Mating system studies in jarrah, *Eucalyptus marginata* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, Melbourne, v. 48, p. 475-479, 2000.

MORI, E. S. Variabilidade genética isoenzimática 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.

MURAWSKI, D. A.; HAMRICK, J. L. The effect of the density of flowering individuals on the mating systems of nine tropical tree species. *Heredity*, Lund, v. 67, p. 167-174, 1991.

MURAWSKI, D. A. Reproductive biology and genetics of tropical trees from canopy perspective. In: LOWMAN, M. D.; NADKARNI, N. M. (Ed.). *Forest canopies*. New York: Academic Press, 1995. p. 457-493.

_____, DAYANANDAN, B.; BAWA, K. S. Outcrossing rates of two endemic *Shorea* species from Sri Lankan tropical rain forest. *Biotropica*, St. Louis, v. 26, n. 1, p. 23-29, 1994.

NEALE, D. B.; ADAMS, W. T. The mating system in natural and shelterwood stands of Douglas-fir. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 71, p. 201-207, 1985.

PLESSAS, M. E.; STRAUSS, S. H. Allozyme differentiation among populations, stands, and cohorts in Monterey pine. *Canadian Journal Forest Research*, Edmonton, v. 16, p. 1155-1164, 1986.

REIS, M. S. Distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de palmitreiro (*Euterpe edulis* M.). 1996. 210 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RITLAND, K.; JAIN, S. A model for the estimation of outcrossing rate and gene frequencies using independent loci. *Heredity*, Lund, v. 47, p. 35-52, 1981.

SAMPSON, J. F.; HOPPER, S. D.; JAMES, S. H. The mating system and population genetic structure in a bird-pollinated mallee, *Eucalyptus rhodantha*. *Heredity*, Lund, v. 63, p. 383-393, 1989.

SCHIMIDT-ADAMS, G.; YOUNG, A. G.; MURRAY, B. G. Low outcrossing rates and shift in pollinators in New Zealand *Pohutukawa* (*Matrosideros excelsa*; Myrtaceae). *American Journal of Botany*, Oklahoma, v. 87, n. 9, p. 1265-1267, 2000.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSVY, R. Variabilidade genética, sistema reprodutivo e estrutura genética espacial em *Genipa americana* L. através de marcadores isoenzimáticos. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 53, p. 15-30, 1998.

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. 25-40, 2000.

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, v. 58, p. 127-143, 2000.

SEOANE, C. E. S.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema reprodutivo em populações de *Esenbeckia leiocarpa*. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-26, 2001.

SHAW, D. V.; ALLARD, R. W. Estimation of outcrossing rates in Douglas-Fir using isozyme markers. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 62, p. 113-120, 1982.

SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S. *Isozymes in plant biology*. Portland: Dioscorides Press, 1989. p. 46-67.

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.

VENCOVSKY, R.; CROSSA, J. Variance effective population size under mixed self and random mating with applications to genetic conservation of species. *Crop Science*, Madison, v. 39, p. 1282-1294, 1999.

SEBBENN, A. M. *et al.* Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética.

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

WILKOX, M. D. Inbreeding depression and genetic variances estimated from self- and cross-pollinated families of *Pinus radiata*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 32, p. 89-96, 1983.

WU, H. X.; MATHESON, A. C.; SPANCER, D. Inbreeding in *Pinus radiata*. 1. The effect of inbreeding on growth, survival and variance. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, p. 1256-1268, 1998.

EFEITO DA ADUBAÇÃO NPK COM E SEM BORO NO CRESCIMENTO DE *Eucalyptus citriodora* Hook.¹

Simone Aparecida de OLIVEIRA²
Mario Luiz Teixeira de MORAES³
Salatiér BUZETTI⁴

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o efeito de 6 doses de N, P₂O₅ e K₂O, utilizando-se o equivalente a 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg.ha⁻¹ da fórmula 10 - 10 - 10, aplicada em outubro de 1984, por ocasião do plantio do eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook.). O ensaio foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria - MS, em um Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura argilosa, e com clima Aw. Em outubro de 1986, subdividiram-se as parcelas, sendo que a metade recebeu 1,0 kg.ha⁻¹ de B no plantio, e repetido em fevereiro de 1987. A outra metade da parcela não recebeu o micronutriente. Avaliou-se a altura das plantas, DAP e o volume cilíndrico, nos anos de 1989, 1990, 1991, 1992 e 1997 (neste ano a forma do fuste também foi avaliada). Não houve efeito da adubação NPK nas características analisadas, assim como da interação NPK x B, entretanto, o micronutriente proporcionou aumento na altura de plantas no ano de 1991, no DAP e no volume, nos anos de 1989 a 1992.

Palavras-chave: *Eucalyptus citriodora*; adubação; cerrado; altura; diâmetro; volume.

ABSTRACT

This work studied the doses of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 kg.ha⁻¹ of N, P₂O₅, and K₂O in the presence or absence of B, applied in October 1984, when the *Eucalyptus citriodora* was planted. In October 1986, and February 1987, it was applied 1.0 kg.ha⁻¹ of B in each time in the half of each plot. Plant height, diameter of trunk, and volume, from 1989 to 1992, and in 1997 (trunk form too) were evaluated. There was no effect of NPK or NPK x B. However, B increased plant height assessed in 1991; diameter and volume in the years 1989, 1990, and 1992.

Key words: *Eucalyptus citriodora*; fertilization; cerrado vegetation; height; diameter; volume.

1 INTRODUÇÃO

A adubação é uma técnica muito utilizada nos programas de reflorestamentos no Brasil, que merece destaque na cultura do eucalipto, tanto na produção de mudas quanto no plantio no campo. Trabalhos de pesquisa e observações na prática têm mostrado que ganhos significativos de crescimento e produtividade podem ser obtidos pela adoção dessa técnica (Barros *et al.*, 1986).

Com o crescimento da área reflorestada e da deficiência em nutrientes dos solos utilizados observa-se uma forte tendência no aumento do uso de fertilizante no setor florestal. Considerando a área de 400 mil hectares reflorestadas por ano, atualmente, com *Eucalyptus* spp, no tradicional espaçamento 3 x 2 m, utilizando a formulação NPK (10-28-06), com 100 g por cova, chega-se a um consumo de 66.680 toneladas por ano, o equivalente ao custo de US\$ 5,66 milhões. Esse consumo corresponde a 29.338 toneladas de nitrogênio, fósforo e potássio, por ano (Chichorro *et al.*, 1992).

(1) Aceito para publicação em agosto de 2001.

(2) Pós-graduanda em Agronomia da FEIS/UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: simoneap@agr.feis.unesp.br (Bolsista de IC/FAPESP)

(3) FEIS/UNESP, Departamento de Fitotecnia, Economia e Sociologia Rural, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(4) FEIS/UNESP, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

Atualmente uma mistura de NPK, com ou sem boro e zinco, tem sido aplicada na cova de plantio, independente da espécie e da presença do fosfato natural. Assim novos estudos devem ser realizados visando determinar a melhor adubação com menor custo (Rocha *et al.*, 1983). Chichorro *et al.* (1994) encontraram resultados indicando que o uso do NPK combinado com 1 ou 2 t.ha⁻¹ de fosfato se mostrou eficiente tanto do ponto de vista silvicultural quanto do ponto de vista econômico. A adição de B e Zn melhorou a eficiência econômica do uso de fertilizantes. O tratamento 2 t.ha⁻¹ de fosfato e 75 g de NPK (fórmula 10-28-06) mais B e Zn, por planta, mostrou-se o mais indicado economicamente, com taxa interna de retorno de 12,38% e razão benefício custo de 1,17. Andrade *et al.* (1994) observaram respostas positivas à fertilização e à calagem do solo. A aplicação de apenas fosfato de araxá proporcionou um aumento de 39,32% no volume das árvores, enquanto o sulfato de cálcio elevou o volume em 28,29%, em comparação aos volumes apresentados pelas testemunhas. Em um estudo dos efeitos de vários tratamentos com NPK e de alturas diferentes de toco (0,8 ou 0,4 m de toco), Kung (1980) verificou que a adubação em *Eucalyptus citriodora* contribuiu para o aumento na produção de óleo essencial e que 0,8 m de tocos produziram mais óleo essencial que os de 0,4 m. Além disso, o rendimento de óleo essencial também variou com o mês de colheita de folhagem. Rocha *et al.* (1983) observaram que a aplicação de N e K, 60 dias após o plantio, não contribuiu para o aumento do crescimento do *Eucalyptus grandis*. Já aos 24 meses, os melhores resultados obtidos para a aplicação de fertilizantes contendo NPK indicaram que a influência de N, P e do K individualmente no crescimento foi relativamente baixa e aumento na produção só foi possível na presença dos elementos NPK, conjuntamente. Barros *et al.* (1984) encontraram uma redução acentuada na diferença entre crescimento relativo de plantas de *Eucalyptus saligna* adubadas com diferentes níveis de NPK e não adubadas, com o decorrer do tempo, mas a diferença entre o crescimento absoluto em volume foi sempre crescente, o que confirma a importância da adubação mineral como uma técnica para o aumento da produtividade em solos de cerrado.

Barros *et al.* (1981) verificaram que a aplicação de NPK às plantas de *E. grandis* e de *E. saligna* causou aumento no volume (m³.ha⁻¹) de 30 a 350%, respectivamente, em comparação com o das

plantas não adubadas. A adição da mistura de B e Zn não causou efeito significativo no crescimento de *E. saligna*, mas tendeu a reduzir a altura e o volume de *E. grandis* à idade de 4,5 anos. A fertilização com N e K favoreceu o crescimento de *E. camaldurensis*, afetando positivamente o ganho de biomassa e os conteúdos dos nutrientes aplicados nos compartimentos da parte aérea, sobretudo, no tratamento em que o fertilizante foi aplicado em linha (Godinho *et al.*, 1997). Segundo Gonçalves (1995), a aplicação de B é particularmente importante, principalmente, nas regiões onde as deficiências hídricas são elevadas e ocorrem as secas de ponteiro.

A adubação NPK assim como a adubação com boro (B) merecem destaque na cultura do eucalipto, tendo em vista os poucos trabalhos desenvolvidos nessa área e a baixa fertilidade dos solos utilizados no cultivo de essências florestais. Este trabalho teve como objetivo estudar doses de fertilizantes NPK, na presença ou ausência da aplicação de boro, no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria - MS, com coordenadas geográficas aproximadas de: latitude 22°22'S e longitude 51°22'W à 335 metros de altitude, clima Aw, segundo classificação de Köppen (Hernandez *et al.*, 1995). Para caracterização da área foi feita análise química do solo de acordo com o descrito em Raij *et al.* (1987) e, para o B e Zn, segundo Gupta (1979) e Lindsay & Norvell (1978) (TABELA 1). O solo foi classificado segundo Demattê (1980) como sendo Latossolo Vermelho-Escuro, álico, textura argilosa e, o experimento foi conduzido em cultura com 13 anos de idade.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, segundo metodologia estatística descrita em Gomes (1987), com 3 repetições e 10 plantas em cada subparcela, sendo 8 plantas úteis e 2 de bordadura, uma em cada extremidade da linha e, mais uma linha de cada lado, no espaçamento de 3 x 2 m.

TABELA 1 - Caracterização química do solo Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura argilosa, referente ao teor de fósforo (P resina), matéria orgânica (M.O.), pH em CaCl_2 (pH CaCl_2), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H + Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V %), B e Zn.

| Prof. | P resina | M.O. | pH CaCl_2 | K | Ca | Mg | H + Al | Al | SB | CTC | V | B | Zn |
|--------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|------|-----|--------|-----|------|------|------|------------------------|-----|
| (cm) | mg.dm ⁻³ | g.dm ⁻³ | | mmol _c .dm ⁻³ | | | | | | | (%) | (mg.dm ⁻³) | |
| 0 - 20 | 7,0 | 25,0 | 5,3 | 2,0 | 21,0 | 8,0 | 45,0 | 6,0 | 31,0 | 76,0 | 41,0 | 0,3 | 0,7 |

Aplicaram-se 6 doses de N, P_2O_5 e K_2O utilizando-se o equivalente a 0, 200, 400, 600, 800 e 1000 kg.ha⁻¹ da fórmula 10-10-10, parcelado em duas épocas: outubro de 1984 por ocasião da implantação da cultura e em fevereiro de 1985, com ou sem adubação com boro (0 ou 2 kg.ha⁻¹ de B), em dois parcelamentos de 1,0 kg.ha⁻¹ de cada vez. A fonte de B foi o bórax, aplicado parceladamente, em outubro de 1986 e fevereiro de 1987, no povoamento já estabelecido.

Avaliou-se a altura de plantas, DAP e o volume, nos anos de 1989, 1990, 1991, 1992 e 1997. As avaliações foram realizadas em todas as plantas de cada parcela, onde foi mensurada a altura utilizando-se o suunto (medidor de altura). O DAP foi obtido através da suta (paquímetro florestal). O volume cilíndrico foi calculado através dos dados de altura e DAP pelo programa VARIA - VD,

o qual foi criado pelo Pólo Computacional de Ilha Solteira da FEIS/UNESP, em março de 1993, para o cálculo da variância dentro e volume. A forma foi avaliada através de observações no fuste, nos 4 pontos cardeais, comparando-a com uma escala de notas de 1 a 5 (FIGURA 1). Todas as características foram mensuradas a partir dos 5 anos de idade, a exceção da forma do fuste, avaliada apenas aos 13 anos de idade da cultura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização química do solo consta na TABELA 1. Verifica-se que o mesmo apresenta baixa saturação por bases e pH, sendo necessária a correção para o bom desenvolvimento da espécie em estudo.

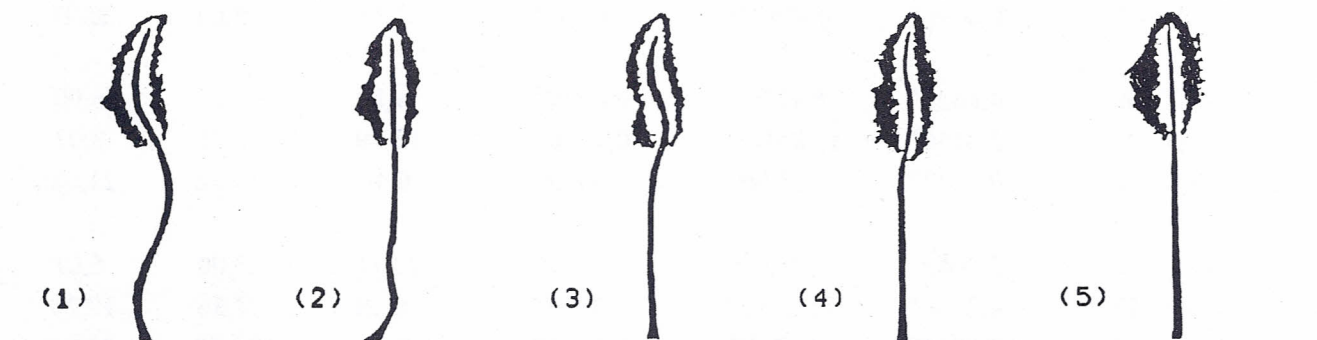


FIGURA 1 - Escala de notas para avaliação de forma do fuste das plantas, de acordo com o Centro Nacional de Pesquisa Florestal/ EMBRAPA.

Não foi verificado efeito significativo para NPK, bem como para a interação NPK x B, para a altura, DAP e volume (TABELA 2). Para forma do fuste, analisada aos 13 anos, não houve efeito também para B.

Verificou-se que os dados de altura, diâmetro e volume, em relação às doses NPK, não se ajustaram às funções do primeiro ou de grau mais elevado (TABELA 3). Para os tratamentos com ou sem B houve efeito significativo para altura de plantas no 6º e 7º anos e para o diâmetro e volume no 5º, 6º, 7º e 8º anos, com os dados não diferindo no último ano de avaliação (TABELA 2). Na TABELA 4 constam as médias referentes a altura, DAP e volume. Para altura de plantas,

nos anos em estudo, verificando-se significância apenas no 7º ano, com médias de 18,35 e 17,31 m para os tratamentos com e sem B, respectivamente. Em relação ao DAP e volume verifica-se que, embora os tratamentos com B tenham sido superiores aos tratamentos sem B, nos anos 5, 6, 7 e 8, os valores foram semelhantes estatisticamente quando as plantas atingiram 13 anos de idade. Para a forma do fuste, avaliada no 13º ano, com notas de 1,09 a 1,10, respectivamente, para os tratamentos com B e sem B, também não houve diferença significativa. Isto demonstra um maior crescimento nos primeiros anos, nos tratamentos que receberam B, mas uma recuperação dos tratamentos sem B até a última avaliação.

TABELA 2 - Valores de quadrados médios (QM), médias geral e coeficientes de variação (CV% NPK e B) para as características altura de plantas (ALT - m), diâmetro à altura do peito (DAP - cm), volume cilíndrico (VOL - m³) e forma (FORM).

| Característica - Idade | NPK | BORO | NPK x BORO | Média Geral | CV (NPK) (%) | CV (B) (%) |
|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------|--------------------|------------------|
| | QM | | | | | |
| ALT - 5 | 0,6311 ^{ns} | 0,8485 ^{ns} | 0,1623 ^{ns} | 14,96 | 6,90 | 4,78 |
| DAP - 5 | 1,3801 ^{ns} | 8,3424** | 0,3045 ^{ns} | 13,04 | 8,72 | 6,94 |
| VOL - 5 | 0,0019 ^{ns} | 0,0185** | 0,0008 ^{ns} | 0,23 | 20,70 | 18,14 |
| ALT - 6 | 1,1909 ^{ns} | 0,8088 ^{ns} | 0,4047 ^{ns} | 15,84 | 7,44 | 5,36 |
| DAP - 6 | 2,4442 ^{ns} | 6,7202* | 0,3831 ^{ns} | 14,64 | 7,22 | 7,32 |
| VOL - 6 | 0,0044 ^{ns} | 0,0205* | 0,0013 ^{ns} | 0,31 | 17,19 | 19,02 |
| ALT - 7 | 2,6013 ^{ns} | 9,7618** | 0,4384 ^{ns} | 17,83 | 5,42 | 6,13 |
| DAP - 7 | 2,6843 ^{ns} | 13,2447** | 0,2442 ^{ns} | 15,11 | 6,62 | 7,72 |
| VOL - 7 | 0,0096 ^{ns} | 0,0717** | 0,0024 ^{ns} | 0,37 | 15,04 | 20,97 |
| ALT - 8 | 0,8623 ^{ns} | 0,1330 ^{ns} | 0,6708 ^{ns} | 19,80 | 8,75 | 6,90 |
| DAP - 8 | 2,4150 ^{ns} | 12,8510** | 0,9238 ^{ns} | 15,29 | 7,61 | 8,03 |
| VOL - 8 | 0,0072 ^{ns} | 0,0574* | 0,0079 ^{ns} | 0,44 | 19,12 | 21,08 |
| ALT - 13 | 2,3685 ^{ns} | 1,2034 ^{ns} | 1,0384 ^{ns} | 23,11 | 7,00 | 5,07 |
| DAP - 13 | 4,2136 ^{ns} | 11,2683 ^{ns} | 0,9770 ^{ns} | 18,19 | 7,36 | 10,20 |
| VOL - 13 | 0,0215 ^{ns} | 0,0741 ^{ns} | 0,0175 ^{ns} | 0,75 | 21,32 | 22,76 |
| FOR - 13 | 0,0111 ^{ns} | 0,0002 ^{ns} | 0,0066 ^{ns} | 1,10 | 7,31 | 8,86 |

Onde: ALT - metros (m); DAP - diâmetro (cm); VOL - volume (m³ . ha⁻¹); FORM - forma; ^{ns}, *, ** - valores de F não significativos e significativos em nível de 5% de probabilidade e a 1%, respectivamente.

TABELA 3 - Valores de quadrados médios referentes às regressões linear (RL), quadrática (RQ) e desvios de regressão (DR) para doses de fertilizantes NPK, de altura de planta (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), volume cilíndrico (VOL) e forma do fuste (FORM).

| Característica - Idade | RL | RQ | DR |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ALT - 5 | 0,0750 ^{ns} | 0,0265 ^{ns} | 1,5307 ^{ns} |
| DAP - 5 | 0,1591 ^{ns} | 0,7856 ^{ns} | 3,0242 ^{ns} |
| VOL - 5 | 0,0006 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} | 0,0043 ^{ns} |
| ALT - 6 | 0,1023 ^{ns} | 0,0213 ^{ns} | 3,2623 ^{ns} |
| DAP - 6 | 1,7854 ^{ns} | 1,3897 ^{ns} | 4,5232 ^{ns} |
| VOL - 6 | 0,0001 ^{ns} | 0,0010 ^{ns} | 0,0113 ^{ns} |
| ALT - 7 | 0,0175 ^{ns} | 0,1261 ^{ns} | 6,4661 ^{ns} |
| DAP - 7 | 1,2249 ^{ns} | 0,4159 ^{ns} | 5,9643 ^{ns} |
| VOL - 7 | 0,0002 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} | 0,0244 ^{ns} |
| ALT - 8 | 0,9769 ^{ns} | 0,6913 ^{ns} | 1,4065 ^{ns} |
| DAP - 8 | 1,1019 ^{ns} | 0,0003 ^{ns} | 5,4888 ^{ns} |
| VOL - 8 | 0,0003 ^{ns} | 0,0000 ^{ns} | 0,0198 ^{ns} |
| ALT - 13 | 3,0101 ^{ns} | 1,1314 ^{ns} | 4,1512 ^{ns} |
| DAP - 13 | 4,0850 ^{ns} | 0,3346 ^{ns} | 8,3401 ^{ns} |
| VOL - 13 | 0,0186 ^{ns} | 0,0035 ^{ns} | 0,0455 ^{ns} |
| FOR - 13 | 0,0097 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,0230 ^{ns} |

^{ns} - valores de F não significativos.TABELA 4 - Médias de altura (m), DAP (cm) e volume cilíndrico (m³), para os tratamentos com boro (+B) e sem boro (-B), com idades distintas dos povoamentos.

| Trat. | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 13 |
|-------|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | | | Médias | | |
| | | | Altura | | |
| +B | 15,12 a | 15,99 a | 18,35 a | 19,73 a | 22,93 a |
| -B | 14,81 a | 15,69 a | 17,31 b | 19,86 a | 23,29 a |
| | | | DAP | | |
| +B | 13,52 a | 15,08 a | 15,71 a | 15,89 a | 18,75 a |
| -B | 12,55 b | 14,21 b | 14,50 b | 14,69 b | 17,63 a |
| | | | Volumes cilíndricos | | |
| +B | 0,25 a | 0,33 a | 0,42 a | 0,48 a | 0,80 a |
| -B | 0,20 b | 0,29 b | 0,33 b | 0,40 b | 0,71 a |

Obs.: Letras minúsculas distintas representa diferença significativa a 5% entre as médias dos tratamentos +B e -B no mesmo ano.

Isto explica, em parte, a resposta ou não à aplicação de fertilizantes em trabalhos com essências florestais, pois esta depende, além da espécie, do solo (Barros *et al.*, 1984), clima (Carvalho *et al.*, 1978; Balloni *et al.*, 1982), e do estágio de desenvolvimento da cultura (Spina-França, 1984). No presente caso, os teores de P (7,0 mg.dm⁻³), de K (2,0 mmol.dm⁻³) e de B (0,3 mg.dm⁻³) foram suficientes para suprir as necessidades da espécie em estudo (TABELA 1),

embora o micronutriente (B) tenha surtido efeito no estágio de 5 a 8 anos, no DAP e volume cilíndrico e aos 7 anos para a altura de plantas (TABELA 4).

Aos 13 anos não ocorreu nenhum efeito de tratamentos, demonstrando que, embora o boro tenha proporcionado um crescimento diferenciado nos primeiros anos, houve uma recuperação das plantas até a última avaliação, onde o micronutriente não foi aplicado.

4 CONCLUSÕES

- Não houve resposta do *Eucalyptus*, avaliado aos 13 anos de idade, à adubação NPK e B.
- O boro proporcionou aumento no DAP e no volume do *Eucalyptus* dos 5 aos 8 anos, e na altura aos 7 anos de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. A. *et al.* Efeitos da fertilização mineral e da calagem do solo na produção e na qualidade da madeira de eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 69-78, 1994.
- BALLONI, E. A.; GARCIA, P. V.; GONÇALVES, J. C. Efeitos do espaçamento e adubação sobre a recuperação de plantios de *Eucalyptus grandis* danificados pela geada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo: SBS, 1983. p. 172-174.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Informe Agropecuário*, Minas Gerais, v. 12, n. 141, p. 15-19, 1986.
- BARROS, N. F. *et al.* Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 90-103, 1981.
- BARROS, N. F. *et al.* Análise do crescimento de *Eucalyptus saligna* em solo de cerrado sob diferentes níveis de N, P e K. no vale do Jequitinhonha, MG. IPEF, Piracicaba, v. 26, p. 13-17, 1984.
- CARVALHO, C. M. *et al.* Efeitos da adubação mineral (N_xP_xK_xB) na resistência à geada do *Eucalyptus saligna* Smith aos seis meses de idade. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. *Anais...* Manaus: IBDF/SBS, 1978. v. 2, p. 57-59.
- CHICHORRO, J. F.; REZENDE, J. L. P.; BARROS, N. F. Eficiência econômica da nutrição mineral na produção de biomassa de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 16, n. 3, p. 287-300, 1992.
- _____. *et al.* Efeito do fertilizante na produtividade e economicidade do *Eucalyptus grandis*, no município de Martinho Campos - MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 18, n. 1, p. 33-44, 1994.
- DEMATTE, J. L. I. Levantamento detalhado dos solos do Campus experimental de Ilha Solteira. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114 p. (Mimeografado).
- GODINHO, V. P. C. *et al.* Crescimento e recuperação de N e K por *E. camaldurensis*, cultivado em solo arenoso de cerrado, em resposta ao modo de aplicação de adubo nitrogenado e potássico. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. *Anais...* Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 3, p. 98-105.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 12. ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467 p.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. *Documentos Florestais*, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.
- GUPTA, U. C. Some factors affecting the determination of hot-water-soluble boron from podzol soils using azomethine-H. *Can. J. Soil Sci.*, Manitoba, v. 59, n. 3, p. 241-247, 1979.
- HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. Software hidrisa e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: FEIS/UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).
- KUNG, F. S. Fertilization and coppice studies on the essential oil production of *Eucalyptus citriodora*. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute, 1980. 6 p. (Bulletin, 343).
- LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer.*, Madison, v. 42, n. 3, p. 421-428, 1978.
- RAIJ, B. V. *et al.* Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- ROCHA, D. *et al.* Estudo da adubação em *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex. Maiden nos solos de cerrado na região de Itamarandiba - MG. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. *Anais...* São Paulo: SBS, 1983. p. 170-172.
- SPINA-FRANÇA, F. Efeito de doses crescentes de fertilizantes minerais aplicadas no plantio de *Eucalyptus grandis*. IPEF, Piracicaba, v. 26, p. 37-38, 1984.

ESTRUTURA GENÉTICA DE POPULAÇÕES DE JEQUITIBÁ-ROSA
(*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) POR CARACTERES QUANTITATIVOS E ISOENZIMAS*

Alexandre Magno SEBBENN**

Paulo Yoshio KAGEYAMA***

Antonio Carlos Scatena ZANATTO**

RESUMO

Este trabalho analisa a estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.), a partir de quatro caracteres quantitativos e 14 locos isoenzimáticos, avaliado aos 17 anos de idade. O ensaio foi implantado em dois locais do Estado de São Paulo utilizando o delineamento de blocos de famílias compactas, com o objetivo da conservação genética *ex situ*. A análise da estrutura das populações mostrou, tanto para os caracteres quantitativos como para as isoenzimas, baixa divergência entre as populações e que a maior parte da variabilidade genética se encontra dentro das populações, em especial entre indivíduos dentro de progênies. Contudo, comparando por isoenzimas as populações do Estado de São Paulo com duas populações do Estado do Espírito Santo, observou-se alta divergência genética (9,3%), sugerindo a hipótese de isolamento por distância. A análise de variância revelou moderados níveis de variabilidade genética entre progênies/população, para as três populações mostrando a possibilidade de ganhos com a seleção. As heterozigosidades foram altas e similares entre as populações (\hat{H} variou de 0,263 a 0,283 e \hat{H} de 0,348 a 0,366). Apesar disso, foram detectados excessos de homozigotos nas progênies, em relação ao esperado pelo Equilíbrio de Hardy-Weinberg (EHW) (\hat{f} variando de 0,220 a 0,249). Finalmente, a relação entre o tamanho efetivo e o tamanho amostral (\hat{N}_e/n) foi 36% (0,16) menor do que esperado em uma população ideal (0,25), portanto, a variabilidade genética retida no banco *ex situ* é menor do que a esperada em populações grandes e panmíticas.

Palavras-chave: *Cariniana legalis*; estrutura genética; teste de progênies e populações; eletroforese de isoenzimas; conservação genética *ex situ*.

ABSTRACT

This work analyses the genetic structure of 17-year-old jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) populations in two locations in São Paulo State, with the purpose of evaluating this *ex situ* conservation genetic method. The material in a compact family block design was evaluated for 4 quantitative traits and 14 isoenzyme loci. Quantitative trait and isoenzymes analysis indicated only a few differences among populations. There was a larger proportion of genetic variability within populations, especially among individuals within of families. However, comparing isoenzyme patterns in São Paulo State and Espírito Santo State populations, larger genetic divergences were observed (9.3%), suggesting isolation by distance. Analysis of variance revealed moderate levels of genetic variability among families/population, for three populations. Even so, isoenzymes showed high and similar heterozygosity for three populations (\hat{H} : 0.263 to 0.283; \hat{H} : of 0.348 to 0.366). Excess homozygosity within families was detected, in relation to expected Hardy-Weinberg Equilibrium (EHW) (\hat{f} : 0.220 to 0.249). Finally, the relation between number effective size and sample size (\hat{N}_e/n) was 36% (0.16) smaller than expected in an ideal population (0.25), therefore, the genetic variability retain in *ex situ* bank is small than expected from large panmictic populations.

Key words: *Cariniana legalis*; genetic structure; tree genetics; population genetic divergence; isoenzymes electrophoresis; *ex situ* genetic conservation.

(*) Aceito para publicação em agosto de 2001.

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

(***) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 15, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Cariniana legalis (Mart.) O. Ktze. ou jequitibá-rosa é uma das maiores árvores da floresta tropical úmida da América do Sul, chegando a atingir diâmetros superiores a 3 metros e alturas superiores a 40 metros. A espécie ocorre somente no Brasil, tendo distribuição ampla, indo do Estado de São Paulo ao Estado de Pernambuco. Costuma ocorrer em pequenos grupos isolados, possivelmente se constituindo de unidades panmíticas ou demes, estruturadas em famílias. Apesar de ser possível detectar vários exemplares de *C. legalis* em seus locais de ocorrência natural, quando se considera sua área total de distribuição, verifica-se que a espécie é do tipo rara, com menos de um indivíduo por hectare. No entanto, a intensa devastação das florestas brasileiras, principalmente durante o século XX, reduziram a espécie a algumas populações e indivíduos isolados em áreas de preservação permanente, estações ecológicas e parques públicos, levando *C. legalis*, já na década de 80, a entrar para a lista das espécies em extinção da FAO (Siqueira *et al.*, 1986). Apesar disso, muito pouco tem sido feito para salvar a espécie da extinção.

O entendimento da estrutura genética ou da distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações de uma espécie é de fundamental importância quando se pretende sua manipulação genética. Esta estrutura pode ser manifestada entre distintas populações geográficas, dentro de um grupo local de plantas ou mesmo em grupos de progênes (Loveless & Hamrick, 1984). A estrutura genética pode ser definida como a distribuição não aleatória de alelos e genótipos (Hamrick, 1987). O desenvolvimento e a manutenção da estrutura genética ocorrem devido às interações de um conjunto complexo de fatores evolucionários, tais como distribuição espacial dos genótipos, sistema de reprodução, seleção, deriva genética, mutação, migração e processos de crescimento, mortalidade e reposição dos indivíduos nas populações (Clegg *et al.*, 1978; Hamrick, 1983; Loveless & Hamrick, 1984). De importância primária é a seleção, o tamanho efetivo populacional e a habilidade da espécie de dispersar pólen e sementes (Hamrick, 1983).

Estudos com isoenzimas têm mostrado que, em média, espécies arbóreas alógamas apresentam

baixa divergência genética entre populações (< 5%). Por outro lado, estudos com caracteres quantitativos têm evidenciado maior diferenciação genética entre populações do que as isoenzimas (Hamrick, 1983). Também se observam grandes variações nos resultados de um caráter para outro (Hamrick, 1983; Sebbenn *et al.*, 1999), indicando que alguns caracteres morfológicos divergem mais entre populações do que outros e que a pressão de seleção é diferente para os caracteres. Existem evidências de que tais caracteres são os responsáveis pela adaptação das espécies às condições ambientais locais (Hamrick, 1983).

A comparação da divergência genética medida por caracteres quantitativos (θ_P') com a medida por locos isoenzimáticos (θ_P) permite testar a hipótese de divergência seletiva ou, em outros termos, se a divergência genética entre as populações foi causada por seleção e/ou deriva genética (Wright, 1951; Lande, 1992). A seleção divergente pode estar envolvida na divergência observada quando θ_P' é significativamente maior que θ_P . Se θ_P' é de mesma magnitude a θ_P ou significativamente menor do que θ_P , a hipótese de que a variância entre populações é causada pela deriva genética, não pode ser rejeitada ou a seleção convergente pode estar envolvida como uma causa da redução da diferenciação (Yang *et al.*, 1996).

Este estudo objetiva comparar a distribuição da variabilidade genética entre e dentro de populações de *Cariniana legalis* sob conservação genética *ex situ*, no Instituto Florestal de São Paulo por caracteres quantitativos e isoenzimas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Locais de Estudo e Delineamento Experimental

No ano de 1981 foram coletadas sementes de polinização aberta de *C. legalis*, em três populações naturais do Estado de São Paulo: Campinas (Bosque dos Jequitibás - 22°55'S, 47°03'W, alt. 652 m a 681 m, área \cong 10 ha), Piracicaba (Estação Ecológica de Ibicatu - 22°47'S, 47°49'W, alt. 500 m, área \cong 76 ha) e Santa Rita do Passa Quatro (Parque Estadual de Vassununga - 21°41'S, 47°39'W, alt. de 520 m a 700 m, área \cong 191,0 ha),

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) por caracteres quantitativos e isoenzimas.

sendo tais populações denominadas Campinas, Ibicatu e Vassununga, respectivamente. Na população Campinas foram coletadas sementes de 17 matrizes, na Ibicatu de 16 matrizes e na Vassununga de 22 matrizes. Em 1982 as progênies foram plantadas na Estação Experimental de Pederneiras (22°22'S, 48°44'W, alt. 500 m, precipitação média anual de 1.112 mm, solo do tipo Latossolo Amarelo, fase arenosa e clima do tipo Cwa) e Estação Experimental de Luiz Antonio (21°40'S, 47°49'W, alt. 550 m, precipitação média anual de 1.280 mm, solo do tipo Latossolo Roxo e clima do tipo Cwa).

O delineamento adotado foi o de blocos de famílias compactas, com 6 repetições, subparcelas lineares com 5 plantas e uma bordadura externa de duas linhas. Contudo, devido ao pequeno número de mudas produzidas em 5 progênies da população Vassununga, em Pederneiras, esta população foi representada por 22 progênies e em Luiz Antonio por 17. O espaçamento utilizado nos dois ensaios foi 3,0 x 2,0 m e em Luiz Antonio foi realizada uma desrama, na idade de 8 anos (1990).

2.2 Amostragem

Os ensaios foram avaliados aos 17 anos de idade (1999) para quatro caracteres quantitativos e quatorze locos isoenzimáticos. Os caracteres avaliados foram: forma do fuste (FF), altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP) e volume cilíndrico (VC). As isoenzimas foram avaliadas no ano de 1999 em tecidos foliares de 1.232 árvores (39,1%), no total dos dois ensaios. Em cada ensaio foram selecionadas as 30 árvores superiores e as 30 inferiores de cada população, para DAP, utilizando-se o índice de seleção multiefeito (Resende & Higa, 1994), totalizando 360 árvores (180 superiores + 180 inferiores). O restante das plantas (872) foi amostrado aleatoriamente dentro dos ensaios, procurando-se genotipar uma média de 20 plantas por progênie. A análise de eletroforese de isoenzimas foi realizada no Laboratório de Reprodução e Genética de Espécies Arbóreas (LARGEA) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP. A eletroforese foi a horizontal, conduzida em meio suporte de gel de 2/3 de

amido de milho (penetrose 30) a 13%, combinado com 1/3 de amido de batata (Sigma). As isoenzimas reveladas foram: Fosfatase Ácida (ACP-E.C. 3.1.3.2.), Alfa-Esterase (α -EST-E.C. 3.1.1.1), 6-Fosfogluconato Desidrogenase (6PGDH-E.C. 1.1.1.44), Fosfogluco Isomerase (PGI-E.C. 5.3.1.9), Isocitrato Desidrogenase (IDH-E.C. 1.1.1.42), Malato Desidrogenase (MDH-E.C. 1.1.1.37), Peroxidase (PRX-E.C. 1.11.1.7), Xiquimato Desidrogenase (SKDH-E.C. 1.1.1.25) e Glucose 6 Fosfato Desidrogenase (G6PDH-E.C. 1.1.1.49). As receitas de revelação das isoenzimas encontram-se em Alfenas (1998).

2.3 Análise Estatística

2.3.1 Análise de variância

A análise da variância conjunta para locais foi realizada considerando-se apenas as progênies comuns aos dois locais de ensaio (50 progênies). O modelo estatístico utilizado considerando locais como efeito fixo e populações e progênies como efeito aleatório foi:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + l_l + b_{jl} + (tl)_{il} + (tb)_{ij(l)} + t'_{k(i)} + (t'l)_{kl(i)} + e_{ijkl}$$

em que, Y_{ijkl} = valor da progênie k , no bloco j , na população i , no local l ; m = média geral do caráter nas populações; t_i = efeito aleatório da população i ($i = 1, 2, \dots, D$); l_l = efeito fixo de locais l ($l = 1, 2, \dots, L$); b_{jl} = efeito aleatório do bloco j ($j = 1, 2, \dots, J$), dentro do local l ; $(tl)_{il}$ = efeito da interação da população i no local l ; $(tb)_{ij(l)}$ = erro experimental em nível de parcelas; $t'_{k(i)}$ = efeito aleatório da progênie k ($k = 1, 2, \dots, K_i$), dentro da população i ; $(t'l)_{kl(i)}$ = efeito da interação de progênies/população por locais; e_{ijkl} = efeito do erro em nível de subparcela. A variância fenotípica dentro das subparcelas ($\hat{\sigma}_d^2$) foi obtida pela média ponderada dos quadrados médios dentro de subparcela, para cada população separadamente e em conjunto. Para a análise da variância individual e conjunta as notas dadas ao caractere FF foram transformadas em nível de plantas para $\sqrt{x_k + 0,5}$, sendo x a nota dada à árvore k .

A divergência genética entre e dentro de populações foi obtida em dois níveis de correlações intraclasse:

$$\hat{\theta}_P' = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_{F/P}^2 + \hat{\sigma}_d^2}; \hat{\theta}_{F/P}' = \frac{\hat{\sigma}_{F/P}^2}{\hat{\sigma}_{F/P}^2 + \hat{\sigma}_d^2},$$

em que, $\hat{\theta}_P'$ = divergência genética entre populações;

$\hat{\theta}_{F/P}'$ = divergência genética entre progênies dentro de populações; $\hat{\sigma}_P^2$ = variância genética entre populações; $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ = variância genética entre progênies/população; $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de progênies/populações. O tamanho efetivo populacional foi estimado de acordo com Vencovsky (1997).

2.3.2 Dados de isoenzimas

A estrutura genética das populações de *C. legalis* foi caracterizada para as isoenzimas pela análise de variância de frequências gênicas, com base em Weir (1996). Assim, de acordo com este autor, a variável x_{ij} corresponde ao alelo "j" na amostra da população "i", sendo que, quando x_{ij} estava presente, recebeu o valor 1,0 e quando ausente recebeu o valor zero. O modelo estatístico para a análise hierárquica de indivíduos dentro de progênies foi:

$$Y_{ijk} = m + f_i + b_{j(i)} + g_{k(ij)},$$

em que, Y_{ijk} = frequência do alelo k , para o indivíduo j , da progênie i ; m = média geral das frequências alélicas; f_i = efeito da progênie i , com $i = 1, 2, \dots, a$; $b_{j(i)}$ = efeito do indivíduo j , da progênie i , com $j = 1, 2, \dots, b_i$; $g_{k(ij)}$ = efeito do alelo k , do indivíduo j , da progênie i , com $k = 1, 2, \dots, n_{ij}$. Ainda, a = número de progênies; b_i = número de indivíduos por progênies; n_{ij} = número de alelos em cada indivíduo dentro de cada progênie. Os parâmetros genéticos foram estimados dos componentes da variância da seguinte forma:

$$\hat{\theta}_F = \frac{\hat{\sigma}_F^2}{\hat{\sigma}_T^2}; \hat{F} = 1 - \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_T^2}; \hat{f} = \frac{\hat{F} - \hat{\theta}_F}{1 - \hat{\theta}_F},$$

em que, $\hat{\theta}_F$ = divergência genética entre progênies ou coeficiente de coancestralidade entre plantas dentro de progênies; \hat{F} = correlação entre alelos, dentro de indivíduos de diferentes progênies;

\hat{f} = índice de fixação ou correlação entre alelos dentro de indivíduos de mesma progênie.

Para análise de variância das frequências gênicas de indivíduos dentro de progênies e progênies dentro de populações, utilizou-se o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = m + p_i + f_{j(i)} + b_{k(ij)} + g_{l(ijk)}$$

em que, Y_{ijkl} = frequência do alelo l , dentro do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i ; m = média geral das frequências alélicas; p_i = efeito da população i , com $i = 1, 2, \dots, a$; $f_{j(i)}$ = efeito da progênie j , dentro da população i , com $j = 1, 2, \dots, b_i$; $b_{k(ij)}$ = efeito do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i , com $k = 1, 2, \dots, c_{ij}$; $g_{l(ijk)}$ = efeito do alelo l , dentro do indivíduo k , dentro da progênie j , dentro da população i , com $l = 1, 2, \dots, n_{ijk}$. Ainda, a = número de populações; b_i = número de progênies por população; c_{ij} = número de indivíduos dentro de cada progênie; n_{ijk} = número de alelos em cada indivíduo, dentro de cada progênie, dentro de cada população. As estimativas dos componentes da variância para a hierarquia de genes/indivíduos/progênies/populações também foram obtidas segundo Weir (1996). Os coeficientes de coancestralidade e endogamia foram estimados dos componentes da variância da seguinte forma:

$$\hat{\theta}_P = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_T^2}; \hat{\theta}_F = \frac{\hat{\sigma}_F^2 + \hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_T^2};$$

$$\hat{F} = 1 - \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_T^2}; \hat{f} = \frac{\hat{F} - \hat{\theta}_P}{1 - \hat{\theta}_P},$$

em que, $\hat{\theta}_P$ = divergência genética entre populações; $\hat{\theta}_F$ = coeficiente de parentesco ou coancestralidade das plantas dentro das progênies; \hat{F} = correlação entre alelos dentro de indivíduos de diferentes populações; \hat{f} = correlação entre alelos dentro de indivíduos dentro de populações. Para verificar se as estimativas médias de $\hat{\theta}_P$, $\hat{\theta}_F$, \hat{F} , e \hat{f} eram diferentes de zero, estimou-se o intervalo de confiança a 95% de probabilidade pelo método de reamostragem *bootstrap*. Utilizaram-se 10.000 repetições sobre os locos. As análises de variâncias, descritas acima e os *bootstraps* foram obtidos através do programa GDA de Lewis & Zaykin (1999).

A diversidade genética intrapopulacional foi analisada pelos índices de diversidade genética, estimados a partir do programa BIOSYS-1 (Swofford & Selander, 1989). A heterozigosidade observada (\hat{H}_o) para cada loco foi obtida por $\hat{H}_o = 1 - \sum P_{ii}$, onde: P_{ii} = frequência dos genótipos homozigotos. A diversidade gênica esperada (\hat{H}_e) para cada loco foi obtida segundo Nei (1977) por: $\hat{H}_e = 1 - \sum p_i^2$, onde: p_i = frequência alélica estimada do i -ésimo alelo. A estimativa média sobre os locos de \hat{H}_o e \hat{H}_e foi obtida pela média aritmética entre todos os locos analisados (monomórficos mais polimórficos). A porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}) foi estimada pela média aritmética do número total de alelos pelo número de locos, sendo que um loco foi considerado polimórfico quando a frequência do alelo mais comum não ultrapassava 95%. O número médio de alelos por locos (\hat{A}) foi obtido pela divisão do número total de alelos pelo número total de locos. O índice de fixação não viesado (\hat{f}) foi estimado de acordo com Weir (1996):

$$\hat{f} = \frac{(\hat{H}_e - \hat{H}_o) + \frac{2}{2n} \hat{H}_o}{\hat{H}_e - \frac{1}{2n} \hat{H}_o}$$

Para verificar se os valores médios de \hat{f} eram diferentes de zero, estimou-se o intervalo de confiança a 95% de probabilidade pelo método de reamostragem *bootstrap*, utilizando-se 10.000 reamostragens sobre os locos, através do programa GDA de Lewis & Zaykin (1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracteres Quantitativos

A magnitude da divergência genética entre populações variou entre os caracteres (TABELA 1). As maiores divergências entre populações ($\hat{\theta}_p$) foram observadas para os caracteres FF e VC, evidenciando que 6,0% e 12,8% da variação genética se encontram entre populações, respectivamente. Apesar da magnitude da divergência genética entre populações, o teste F da análise de variância conjunta

para locais não revelou diferenças genéticas significativas entre populações para os caracteres. Estudos da estrutura genética de populações em essências florestais a partir de caracteres quantitativos têm revelado resultados similares. Hamrick (1976) estudando a distribuição da variabilidade genética em quatro populações naturais de *Abies concolor* encontrou, em 13 caracteres quantitativos, diferenças entre populações variando de 0,0 a 49,8%, com média de 20%. Moraes (1993) estudando a estrutura genética de duas populações de *Myracrodruon urundeuva*, para 14 caracteres quantitativos, detectou no máximo 2,6% de divergência genética entre populações, sendo que na média, os caracteres não apresentaram divergência entre populações. Sebbenn *et al.* (1999), estudando a estrutura genética de sete procedências de *Grevillea robusta* para os caracteres DAP e altura, detectaram divergências entre populações, variando de 1,0% a 20%. Siqueira *et al.* (2000), estudando populações de *Balfourodendron riedelianum* detectaram no máximo 3,2% de divergência genética entre populações para os caracteres DAP e altura. Como visto, todos estes trabalhos mostraram que maior proporção da variação genética se encontra dentro de populações, porém a magnitude da divergência genética entre populações parece depender do tipo de caráter usado para estudar a estrutura genética populacional.

Entretanto, o número de populações amostradas, também pode influenciar a magnitude da divergência genética. Por exemplo, Kehlet & Roulund (1998) estudando 14 populações de *Picea stehansis* e Khalil (1985) estudando 9 populações de *Picea mariana*, observaram que mais de 50% da variação genética estava entre populações. Possivelmente, a amostragem ampla das populações das espécies tenha permitido detectar maior divergência genética entre as populações. A ausência de diferenças genéticas significativas entre as populações de *C. legalis*, para os caracteres, mostra que a estratégia de amostragem para a conservação *ex situ* não foi eficiente para representar a variação existente entre populações. A espécie tem ampla distribuição geográfica e ocupa diferentes habitats (Carvalho, 1994) e a amostragem de apenas três populações do Estado de São Paulo não é suficiente para representar as reais diferenças genéticas entre populações. Portanto, para a efetiva conservação genética da espécie *C. legalis*, será necessária a reamostragem de populações em toda a sua área de distribuição natural.

TABELA 1 - Distribuição da variação genética entre ($\hat{\sigma}_P^2$) e dentro ($\hat{\sigma}_{F/P}^2 + \hat{\sigma}_d^2$) de populações de *C. legalis* em Luiz Antonio (LA), Pederneiras (PE) e para análise conjunta.

| | FF | | DAP | | ALT | | VC | |
|---------------------------------|----------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| $\hat{\sigma}_P^2$ | 0,0047 | 5,8% | 0,0035 | 0,1% | 0,0034 | 0,1% | 0,0041 | 12,7% |
| $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ | 0,0019* | 2,3% | 0,6903** | 3,4% | 0,1778* | 2,6% | 0,0005** | 1,5% |
| $\hat{\sigma}_{F/P \times L}^2$ | 0,0034** | 4,2% | 0,1985 | 1,0% | 0,1636* | 2,4% | 0,0004* | 1,2% |
| $\hat{\sigma}_d^2$ | 0,0707 | 87,7% | 19,3628 | 95,5% | 6,5316 | 94,9% | 0,0273 | 84,6% |
| $\hat{\sigma}_T^2$ ^a | 0,0807 | 100% | 20,2551 | 100% | 6,8764 | 100% | 0,0323 | 100% |

ANAVA Conjunta: Campinas, Ibicatu e Vassununga = 17, 16 e 17 progênies, respectivamente.

(a) Variância total: $\hat{\sigma}_T^2 = \hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_{F/P}^2 + \hat{\sigma}_{F/P \times L}^2 + \hat{\sigma}_d^2$; $\hat{\sigma}_P^2$ = variância genética entre populações; $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ = variação genética entre progênies dentro de populações; $\hat{\sigma}_{F/P \times L}^2$ = variação genética da interação progênies/populações x locais; $\hat{\sigma}_d^2$ = variação fenotípica dentro de progênies.

(*) $P \leq 0,05$.

(**) $P \leq 0,01$.

A ausência de divergência genética entre populações demonstra que não existem vantagens na seleção de uma ou outra população para servir de base para um programa de melhoramento com a espécie. Portanto, pode-se tratar as três populações como uma só, igualmente nos dois locais de ensaio, com a vantagem de ampliar a base genética da população base, pela baixa probabilidade de existência de parentesco entre progênies de diferentes populações.

Como os testes de progênies, entre outras coisas, avaliam os parentais a partir de seus descendentes, os resultados apresentados na TABELA 1, também permitem inferir sobre as populações naturais de origem das progênies. A baixa diferenciação genética entre populações sugere que estas populações são semelhantes do ponto de vista genético. A semelhança pode ser explicada por duas hipóteses: primeiro, devido a uma origem comum, ou seja, as três populações poderiam ter sido fundadas de uma mesma população ancestral; segundo, devido ao intenso fluxo gênico ocorrido no passado, quando as florestas no Estado de São Paulo eram contínuas, o que levou à homogeneidade na variabilidade genética destas populações. Como se trata de uma espécie longeva (vive mais de 500 anos - Carvalho, 1994) e o processo de fragmentação é recente (menos de 100 anos), pode não ter transcorrido tempo suficiente para que ocorresse grande divergência genética entre populações por deriva genética e/ou seleção natural.

A variabilidade genética entre progênies/população ($\hat{\sigma}_{F/P}^2$) foi baixa ($\leq 6,2\%$), mas significativa pelo teste F (1%), sugerindo a possibilidade de ganhos na seleção. Já a variabilidade fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_d^2$) foi alta para todos os caracteres, com valores, em muitos casos, acima de 90,0%. A maioria dos estudos da estrutura populacional com caracteres quantitativos tem mostrado maior variação dentro de progênies (Hamrick, 1976; Sorensen & White, 1988; Moraes, 1993; Sebbenn *et al.*, 1999; Siqueira *et al.*, 2000).

3.2 Dados de Isoenzimas

As frequências gênicas dos óvulos foram eleitas para representar as frequências gênicas dos indivíduos adultos nas populações naturais. As frequências gênicas das progênies não representam obrigatoriamente as frequências dos indivíduos adultos das populações naturais de origem. Quando sementes de polinização aberta são coletadas de uma árvore, a árvore materna contribui com a metade dos alelos para os filhos e, hipoteticamente, diferentes pais com a outra metade e, logo a mãe tem a maior contribuição, devido a todos os filhos receberem pelo menos um alelo de origem materna e cada filho, teoricamente, alelos de diferentes pais. Assim, o número de alelos idênticos de origem materna é maior do que o de origem paterna e as

freqüências alélicas da progênie, são determinadas, principalmente pelos alelos vindos da mãe. Então, quando os parentais não são avaliados via marcadores genéticos, pode-se estimar suas freqüências alélicas, separando as freqüências de origem materna (óvulos) das de origem paterna (pólen). Isto pode ser feito pelas estimativas de máxima verossimilhança das freqüências gênicas dos óvulos e do pólen, com base no modelo misto de Ritland & Jain (1981) e auxílio do programa MLTR de Ritland (1997)*.

As estimativas da divergência genética entre populações para adultos e progênes são apresentadas na TABELA 2. A divergência genética entre populações foi baixa para adultos (2,3%) e progênes (0,9%) indicando similaridade genética entre populações, em concordância aos resultados obtidos para os caracteres quantitativos. O alto fluxo gênico aparente estimado entre populações confirma esta hipótese (TABELA 2). Porém, a baixa diferenciação entre populações provavelmente não ocorreu pelo fluxo gênico atual, dado que é pouco provável que ele exista ou que

seja intenso o suficiente para manter estas populações coesas do ponto de vista genético. A grande distância e o isolamento dos fragmentos (mínimo de 100 km, entre a população Ibicatu e Campinas), possivelmente impeça o fluxo gênico. Logo, as estimativas obtidas de fluxo gênico representam um acontecimento passado, antes do processo de fragmentação e a baixa diferenciação genética reflete a divergência genética que existia antes do processo de exploração, ou seja, baixa diferenciação. Este resultado está de acordo com a maioria dos estudos de estrutura genética de populações de espécies arbóreas alógamas, realizados a partir de dados de isoenzimas, que tem revelado baixa divergência entre populações (Hamrick *et al.*, 1979; Hamrick & Godt, 1990). Harritt (1991), estudando duas populações de *C. legalis* no Estado do Espírito Santo, também encontrou baixa divergência genética entre populações (0,052). A alogamia combinada com a alta habilidade para dispersar pólen e sementes impediria grandes divergências genéticas entre populações por deriva genética e/ou seleção.

TABELA 2 - Índices de fixação médio dentro de populações (\hat{f}) para o conjunto das populações (\hat{F}), divergência genética entre populações ($\hat{\theta}_p$) e fluxo gênico entre populações de *C. legalis*.

| Populações | Distância média aproximada | \hat{f} | \hat{F} | $\hat{\theta}_p$ | \hat{N}_m |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|---|-------------|
| Progênes - SP | 180 km | 0,119 [0,050 a 0,186] | 0,249 [0,146 a 0,339] | 0,009 [-0,004 a 0,028] | 13,8 |
| Adultos - SP | 180 km | ---- | ---- | 0,023 [0,015 a 0,031] ^{ab} | 2,6 |
| SP x ES (Adultos ^d) ^c | > 800 km | ---- | ---- | 0,093 [-0,217 a 0,403] ^{ab} | 1,6 |

(a) Estimativa \hat{F}_{ST} (Nei, 1977) realizada apenas utilizando os locos α Est-1, α Est-2, Mdh-1 e Pgi-1.

(b) Intervalo de confiança a 95% de probabilidade, estimado a partir de reamostragem *Jeckknife* sobre locos.

(c) Três populações de São Paulo e duas do Espírito Santo.

(d) Harritt (1991).

[] Intervalo de confiança a 95% de probabilidade, estimado a partir de 10.000 reamostragens *bootstrap* sobre locos.

(*) RITLAND, K. Multilocus mating system program MLTR: version 1.1. Canada: University of Toronto, 1997. (Não publicado).

Comparando-se as árvores adultas das populações do Estado de São Paulo com as do Espírito Santo (TABELA 2), observa-se que a divergência genética aumenta consideravelmente conforme aumenta a distância entre as populações (9,3%), sugerindo a hipótese de isolamento por distância. Neste caso, a divergência pode ser atribuída à deriva genética, considerando a natureza supostamente neutra das isoenzimas, caso contrário, a seleção também pode ter atuado para o fenômeno. Todavia, como as populações em estudo se encontram isoladas, pode-se prever um aumento na divergência genética com o passar das gerações. São esperados menos problemas de deriva e endogamia na população Vassununga, devido ao maior tamanho populacional (~300 árvores) e área disponível para regeneração (área \cong 191,0 ha). No caso das populações Campinas e Ibicatu será necessário aumentar o número de indivíduos nas populações, caso contrário, elas desaparecerão. O número de indivíduos nestas populações é baixo ($N < 20$) e como existem evidências de parentesco dentro destas populações (Sebbenn *et al.*, 2000), o tamanho efetivo deve ser ainda menor ($N_e < N$), portanto, está muito abaixo do tamanho efetivo mínimo (50) requerido para que não ocorra a perda de alelos raros e variação genética por deriva em poucas gerações (Frankel & Soulé, 1981). A reintrodução de aproximadamente 100 indivíduos não aparentados e endogâmicos pode garantir a perpetuação das populações. A origem destes indivíduos pode ser a população Vassununga, visto quase não existir divergência entre esta e as populações Campinas e Ibicatu, reduzindo o risco de depressão por cruzamento. A probabilidade de existir parentesco entre árvores de diferentes populações também é baixa, logo é possível aumentar o tamanho efetivo das populações pequenas.

As medidas de divergência genética entre populações (\hat{F}_{ST} e $\hat{\theta}_p$) dão uma idéia do parentesco existente dentro das populações naturais. Considerando-se que estas estatísticas medem o grau de divergência genética entre populações a partir da correlação ou covariância genética entre indivíduos dentro de populações e, portanto, a partir da probabilidade de que dois

alelos tomados em dois indivíduos de uma mesma população sejam idênticos por descendência, tem-se o parentesco médio dentro das populações. O \hat{F}_{ST} dá o parentesco médio entre árvores maternas e $\hat{\theta}_p$ o parentesco médio entre todos os genitores que deram origem às progênes, logo, mede o parentesco das árvores maternas e paternas, simultaneamente. Nota-se assim, que o parentesco entre as árvores maternas é de 2,3% e entre árvores maternas e paternas de 0,9%. A redução no grau de parentesco, quando genitores masculinos e femininos são considerados na estimativa, parece coerente, dado que o número de plantas das populações incluídas na análise aumenta, e na média, o parentesco pode diminuir. Este resultado está de acordo com aqueles observados por Sebbenn *et al.* (2000), que também detectaram a presença de cruzamentos entre parentes dentro das populações (mínimo 5,9%). A presença de parentesco na geração parental tem implicações na estimativa de parâmetros genéticos via caracteres quantitativos, podendo levar a subestimativas nas herdabilidades e ganhos na seleção (Squillace, 1974).

Os níveis de fixação de alelos para o conjunto das progênes dentro das populações (\hat{F}) foi alto e similar para as três populações (média de 0,249; TABELA 2). O intervalo de confiança da estimativa de \hat{F} mostra que a endogamia foi significativamente diferente de zero, mas não diferente entre as populações, reforçando a hipótese de baixas diferenças entre as populações. Contudo, comparando as estimativas de \hat{F} entre progênes (0,249) e adultos ($\hat{f}_p = 0$), observa-se indícios de seleção a favor de heterozigotos e o excesso de endogamia nas progênes, em relação ao Equilíbrio de Hardy-Weinberg, parece ser eliminada pela seleção natural durante a fase de crescimento das plantas. Harritt (1991) estudando árvores adultas de *C. legalis* em condições naturais observou excesso de heterozigotos dentro das populações ($\hat{f}_p = -0,113$), corroborando com a hipótese de seleção para heterozigotos entre a fase de plântula e a fase adulta. Sebbenn *et al.* (2001) estudando os efeitos da depressão por endogamia em caracteres de crescimento de *C. legalis*, detectaram fortes efeitos detrimentais da endogamia nos caracteres.

Provavelmente, a cada evento reprodutivo, as populações de *C. legalis* liberam sementes com diferentes graus de endogamia, sendo que a seleção natural atua a favor dos heterozigotos, eliminando parte dos homozigotos. A seleção para heterozigotos em populações naturais de espécies arbóreas já foi documentada na literatura, sendo que existem fortes evidências para o fenômeno (Mitton & Grant, 1980; Ledig *et al.*, 1983; Strauss, 1987; Murawski & Hamrick, 1992; Murawski & Bawa, 1994; Murawski, 1995; Sebbenn *et al.*, 1998, 2001; entre outros).

Considerando a natureza supostamente neutra das isoenzimas, pode-se atribuir a detecção de seleção para heterozigotos ao desequilíbrio de ligação entre locos isoenzimáticos a locos de efeitos adaptativos. Este aspecto também tem sido muito discutido na literatura, permanecendo ainda hoje, muitas teorias e discordância entre diferentes grupos de pesquisadores (Nei, 1977). Contudo, as evidências parecem favorecer a hipótese de que algumas isoenzimas sofrem seleção.

A divergência genética entre progênies/populações ($\hat{\theta}_F$) foi maior do que 12,5% (TABELA 3), sugerindo que as progênies não são exclusivamente meios-irmãos. Em progênies de meios-irmãos, o valor mínimo esperado para $\hat{\theta}_F$ é 0,125, contudo, em progênies compostas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação, seu valor sobe em direção à 0,5, sendo tanto mais próximo deste quanto maior for o parentesco dentro das progênies (irmãos de autofecundação). Este resultado já foi reportado por Sebbenn *et al.* (2000), estudando o sistema de reprodução de *C. legalis*. Segundo os autores as progênies aqui em estudo são compostas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação, sendo os meios-irmãos em maior proporção.

TABELA 3 - Componentes de variância para análise individual e conjunta das populações de *C. legalis*.

| | Populações | | | | | | | |
|------------------------|------------|--------------------|---------|--------------------|------------|--------------------|----------|--------------------|
| | Campinas | | Ibicatu | | Vassununga | | Conjunto | |
| $\hat{\sigma}_P^2$ | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 0,0407 | 0,9% ^a |
| $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ | 0,6088 | 13,1% ^b | 0,5559 | 14,8% ^b | 0,7601 | 15,5% ^b | 0,6490 | 13,9% ^b |
| $\hat{\sigma}_{I/F}^2$ | 0,6065 | 13,1% | 0,4822 | 12,8% | 0,3834 | 7,8% | 0,4718 | 10,1% |
| $\hat{\sigma}_{G/I}^2$ | 3,4292 | 73,8% | 2,7263 | 72,4% | 3,7467 | 76,6% | 3,5008 | 75,1% |
| $\hat{\sigma}_T^2$ | 4,6445 | 100,0 % | 3,7644 | 100,0% | 4,8902 | 100,0% | 4,6623 | 100,0% |

(a) Coeficiente de coancestralidade entre populações.

(b) Coeficiente de coancestralidade entre progênies/populações.

Sendo: $\hat{\sigma}_P^2$ = variabilidade genética entre populações; $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ = variabilidade genética entre progênies dentro de populações; $\hat{\sigma}_{I/F}^2$ = variabilidade genética entre indivíduos dentro de progênies; $\hat{\sigma}_{G/I}^2$ = variabilidade entre genes dentro de indivíduos; $\hat{\sigma}_T^2$ = variabilidade genética total.

Os índices de diversidade foram altos e similares entre as populações (TABELA 4). As médias das heterozigosidades observada (0,273) e esperada (0,368) foram muito superiores à média apresentada pelas espécies arbóreas (0,142) e espécies arbóreas tropicais (0,211) (Hamrick *et al.*, 1979). Apesar da alta variabilidade genética observada, o índice de

fixação (\hat{f}) mostrou excesso significativo de homozigotos dentro das populações, sugerindo desvios das proporções do EHW. Os desvios podem ser atribuídos ao sistema de reprodução, como ressaltado por Sebbenn *et al.* (2000), pela ocorrência de autofecundações, cruzamentos entre aparentados e cruzamentos preferenciais nas populações.

TABELA 4 - Número de alelos (nA), tamanho médio da amostra (n), porcentagem de locos polimórficos (\hat{P}), número médio de alelos por locos (\hat{A}), heterozigiosidade observada (\hat{H}_o), heterozigiosidade esperada (\hat{H}_e), índice de fixação (\hat{f}), tamanho efetivo (\hat{N}_e) e relação \hat{N}_e/n para populações de *C. legalis*.

| População | nA | n | \hat{P} (95%) | \hat{A} | \hat{H}_o | \hat{H}_e | \hat{f}^1 | \hat{N}_e | \hat{N}_e/n |
|------------|------|-------|--------------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-------------|---------------|
| Campinas | 38 | 412 | 100 | 2,7 | 0,263 (0,028) | 0,348 (0,037) | 0,249 [0,089] | 64,4 | 0,16 |
| Ibicatu | 39 | 386 | 100 | 2,8 | 0,267 (0,026) | 0,350 (0,032) | 0,242 [0,054] | 66,7 | 0,17 |
| Vassununga | 42 | 434 | 100 | 3,0 | 0,287 (0,032) | 0,366 (0,035) | 0,220 [0,100] | 68,8 | 0,16 |
| Conjunta | 42 | 1.232 | 100 | 3,0 | 0,273 (0,028) | 0,358 (0,035) | 0,239 [0,084] | 199,9 | 0,16 |

() Erro padrão da média.

[] Intervalo de confiança a 95% de probabilidade, estimado a partir de 10.000 reamostragens *bootstraps*.

O tamanho efetivo (\hat{N}_e) também apresentou valores similares entre as populações, sendo que a população Vassununga teve uma pequena superioridade, devido ao maior número de progênies amostradas e ao menor coeficiente de endogamia. A relação \hat{N}_e/n , foi baixa para as populações (média 0,16), revelando que a representatividade genética dos indivíduos é baixa. Em progênies de polinização aberta de uma população grande, panmítica, sem parentesco e endogamia na geração parental e com igual fertilidade masculina e feminina, a relação \hat{N}_e/n é de 0,25 e, seu valor máximo populacional é estimado por $4nF$, (nF = número de progênies amostradas). A relação \hat{N}_e/n foi 36% inferior ao valor esperado em progênies de meios-irmãos, confirmando que as progênies não são meios-irmãos. A redundância nos alelos de origem materna ou paterna, idênticos por descendência reduz o \hat{N}_e .

Esta identidade aumenta, à medida que aumentam as autofecundações, os cruzamentos entre aparentados, os cruzamentos preferenciais, a endogamia na geração parental e as diferenças na fertilidade masculina e feminina dos genitores. Assim, pode-se atribuir a menor representatividade genética observada nas populações de *C. legalis* aos efeitos do sistema de reprodução. Isto implica que a variabilidade genética retida no ensaio é menor que a esperada na amostragem para a conservação da espécie. Para contornar este problema, comum em progênies de polinização aberta, deve-se aumentar o número de matrizes amostradas nas populações naturais, tomando-se o cuidado de coletar as sementes de frutos diferentes de uma mesma planta materna. Isto pode reduzir o grau de parentesco dentro das progênies, para valores próximos aos apresentados por meios-irmãos, aumentando o tamanho efetivo do banco de conservação *ex situ*.

3.3 Caracteres Quantitativos e Isoenzimas

Os resultados (TABELAS 1 e 2) obtidos para a divergência genética entre populações por caracteres quantitativos ($\hat{\theta}_p'$) e por isoenzimas ($\hat{\theta}_p$) levam para a mesma conclusão, que a divergência genética entre as populações é baixa e não significativa e que a maior parte da variabilidade genética se encontra dentro das populações. A magnitude de $\hat{\theta}_p'$ foi maior que a apresentada por $\hat{\theta}_p$, para os caracteres FF e VC, sugerindo que a seleção estava envolvida na divergência genética entre as populações. Para os caracteres DAP e altura o comportamento foi o oposto, indicando que a divergência genética foi causada apenas por deriva genética. Yang *et al.* (1996) observaram que a seleção era a responsável pela divergência genética entre populações, para os caracteres densidade específica, DAP, altura, diâmetro dos ramos e comprimento dos ramos, em *Pinus contorta* ssp *latifolia*. Apenas o caráter ângulo dos ramos foi encontrado pelos autores por estar somente sob o efeito da deriva genética.

A variabilidade genética entre progênies dentro de populações ($\hat{\sigma}_{F/P}^2$) para as isoenzimas (TABELA 2) foi no mínimo o dobro da variabilidade encontrada para os caracteres quantitativos (TABELA 1), mostrando pouca congruência. Os baixos valores de $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ para os caracteres quantitativos possivelmente decorreram do fato de que as progênies são de polinização aberta e constituídas por misturas de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação. A mistura de progênies pode estar inflando a variação fenotípica dentro das progênies ($\hat{\sigma}_d^2$), originando correlações intraclasse e mascarando a variância genética entre progênies. Assim, como as variâncias são medidas sobre caracteres fenotípicos, controlados simultaneamente por efeitos genéticos e ambientais, torna-se difícil determinar grandezas que caracterizem classes de parentesco. Por exemplo, progênies de meios-irmãos podem apresentar valores similares para a $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ às progênies resultantes de uma geração de autofecundação (S1). Por sua vez, as isoenzimas são na maioria das vezes neutras e apresentam herança mendeliana simples,

permitindo a determinação de parentescos específicos, em função do tipo de esquema de cruzamento utilizado. Assim, a $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ estimada por isoenzimas ou outro marcador co-dominante, dependente do tipo de parentesco entre as plantas dentro das progênies e assume valores de 0,125 em meios-irmãos, 0,25 em irmãos-completos, 0,5 em irmãos de uma geração de autofecundação e valores intermediários em misturas de progênies. Por exemplo, misturas de progênies de meios-irmãos e irmãos de autofecundação podem apresentar valores de $\hat{\sigma}_{F/P}^2$, variando entre 0,125 a 0,5, sendo a tendência para um ou outro sentido, dada pela proporção dos diferentes tipos de progênies. Desta forma, as medidas de $\hat{\sigma}_{F/P}^2$ obtidas por isoenzimas, podem ser previstas e utilizadas para aferir o grau de parentesco entre progênies e estimar parâmetros genéticos com maior precisão, o que não é possível por meio de caracteres quantitativos.

A variância fenotípica dentro de progênies ($\hat{\sigma}_d^2$) obtida para caracteres quantitativos (TABELA 1), é comparável à variabilidade genética entre genes dentro de indivíduos somada à variabilidade genética entre indivíduos dentro de progênies ($\hat{\sigma}_{G/I}^2 + \hat{\sigma}_{I/F}^2$), obtida de dados de isoenzimas (TABELA 3). Os resultados foram consistentes entre os dois métodos, mostrando que no mínimo 85% da variabilidade genética se encontra entre indivíduos dentro das progênies.

Os resultados da estrutura genética de populações, encontrados para caracteres quantitativos e dados de isoenzimas mostram, de modo geral, consistência e complementaridade entre si. Portanto, a escolha do método a ser utilizado, se torna uma função dos objetivos do trabalho. A caracterização da estrutura de populações para a conservação *in situ*, pode ser rápida, eficiente e facilmente realizada pela eletroforese de isoenzimas e a caracterização de populações para a conservação genética *ex situ* ou para o melhoramento, pode ser mais eficientemente realizada em ensaios de campo, permitindo a avaliação da adaptação do material a ambientes específicos. Contudo, mesmo neste caso, a avaliação do sistema de reprodução, do parentesco e da endogamia da geração parental, a partir de um marcador co-dominante, é vantajosa, podendo levar a maior precisão na estimativa de parâmetros genéticos.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) por caracteres quantitativos e isoenzimas.

4 CONCLUSÕES

- a) A magnitude da divergência genética detectada entre populações por caracteres quantitativos e por isoenzimas foi baixa e não significativa, evidenciando consistência nos resultados entre os dois métodos.
- b) Detectaram-se indícios de que a divergência genética entre populações para os caracteres forma do fuste e volume cilíndrico foi causada por seleção.
- c) As heterozigosidades observada (\hat{H}_o) e esperada (\hat{H}_e) detectadas em *C. legalis* foram altas, mostrando que apesar das populações estarem fragmentadas, elas ainda mantêm níveis altos de variabilidade genética.
- d) A comparação do índice de fixação entre adultos e suas progênes, sugere a existência de seleção contra excesso de homozigotos, em relação ao Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às técnicas de laboratório Elza Martins Ferraz e Márcia Patrícia Moreno e aos estagiários Fernanda Gosser Brasso e Gabriel Bortoleto Bichuette pelo auxílio nas eletroforeses de isoenzimas, ao técnico em agropecuária Gelson Dias Fernandes, ao estudante de Engenharia Florestal Marcio Fedele (ESALQ/USP) e ao Biólogo Fernando Schimdt pelo auxílio na coleta de campo. Aos funcionários do Instituto Florestal de São Paulo pelo auxílio na coleta dos dados quantitativos. Em especial agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de doutoramento ao primeiro autor e à FAPESP pelo financiamento do projeto (FAPESP nº 98/02448-7).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, S. A. Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos. Viçosa: UFV, 1998. 574 p.

CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CLEGG, M. T.; KAHLER, A. L.; ALLARD, R. W. Estimation of life cycle components of selection in an experimental plant population. *Genetics*, Washington, v. 89, p. 765-92, 1978.

FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. *Conservation and evolution*. Cambridge: University Press, 1981. 327 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.

_____; LINHART, Y. B.; MITTON, J. B. Relationships between life history characteristic and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *Annual Review Ecology and Systematics*, Davis, v. 10, p. 173-200, 1979.

HAMRICK, J. L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONE-WALD-COX, C. M. *et al.* (Ed.). *Genetics and conservation*. Menlo Park: Benjamin Cummings Publishing Company, 1983. p. 335-348.

_____. Gene flow and distribution of genetic variation in plant populations. In: URBANSKA, K. (Ed.). *Differentiation patterns in higher plants*. New York: Academic Press, 1987. p. 53-76.

_____; 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, 1990. p. 43-63.

HARRITT, M. M. *Ecology and genetic variation of four hardwoods of Brazil's atlantic forest region*. 1991. 204 f. Thesis - North Carolina State University, Raleigh.

KEHLET, J.; ROULUND, H. Genetic parameters for spiral grain in two 18-year-old progeny trials with Sitka Spruce in Denmark. *Canadian Journal Forest Research*, Edmonton, v. 28, p. 92-931, 1998.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) por caracteres quantitativos e isoenzimas.

KHALIL, M. A. Genetics of wood characters of black spruce [*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.] in Newfoundland, Canada. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 34, n. 6, p. 221-230, 1985.

LANDE, R. Neutral theory of quantitative genetic variance in an island model with local extinction and colonization. *Evolution*, San Francisco, v. 46, p. 381-389, 1992.

LEDIG, F. T.; GURIES, R. P.; BONEFELD, B. A. The relation of growth to heterozygosity in pitch pine. *Evolution*, San Francisco, v. 37, p. 1227-1238, 1983.

LEWIS, P. O.; ZAYKIN, D. **GDA - Genetic Data Analysis**: version 1.0(d12) for Windows. Albuquerque: The University of New Mexico, 1999. 89 p.

LOVELESS, M. D.; HAMRICK, J. L. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Davis, v. 15, p. 65-95, 1984.

MITTON, J. B.; GRANT, M. C. Observation on the ecology and evolution of quaking aspen, *Populus tremuloides*, in the Colorado Front Range. *American Journal of Botany*, Oklahoma, v. 67, p. 1040-1045, 1980.

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 Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MURAWSKI, D. A.; HAMRICK, J. L. Mating system and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panama. *Journal of Heredity*, Cary, v. 83, n. 6, p. 401-404, 1992.

_____; BAWA, K. S. Genetic structure and mating system of *Stemonoporus oblongifolius* (Dipterocarpaceae) in Sri Lanka. *American Journal of Botany*, Oklahoma, v. 81, n. 2, p. 155-160, 1994.

MURAWSKI, D. A. Reproductive biology and genetics of tropical trees from canopy perspective. In: LOWMAN, M. D.; NADKARNI, N. M. (Ed.). **Forest canopies**. New York: Academic Press, 1995. p. 457-493.

NEI, M. *F*-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations. *Annals of Human Genetics*, London, v. 41, p. 225-233, 1977.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Maximização da eficiência de seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 28/29, p. 37-55, 1994.

RITLAND, K.; JAIN, S. A model for the estimation of outcrossing rate and gene frequencies using independent loci. *Heredity*, Lund, v. 47, p. 35-52, 1981.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOSVY, R. Variabilidade genética, sistema reprodutivo e estrutura genética espacial em *Genipa americana* L. através de marcadores isoenzimáticos. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 53, p. 15-30, 1998.

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. *et al.* Taxa de cruzamento em populações de *C. legalis* (Mart.) O. Ktze. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 58, p. 25-40, 2000.

SEBBENN, A. M. *et al.* Depressão por endogamia em populações de jequitibá-rosa. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 61-81, 2001.

SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* O jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.: uma espécie em extinção. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, v. 40A, p. 291-301, 1986.

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.

SORENSEN, F. C.; WHITE, T. L. Effect of natural inbreeding on variance structure in tests of wind-pollination Douglas-Fir progenies. *Forest Science*, Bethesda, v. 34, n. 1, p. 102-118, 1988.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Estrutura genética de populações de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze.) por caracteres quantitativos e isoenzimas.

SQUILLACE, A. E. Average genetic correlations among offspring from open-pollinated forest trees. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 23, p. 149-156, 1974.

STRAUSS, S. H. Heterosis at allozyme loci under inbreeding and crossbreeding in *Pinus attenuata*. *Genetics*, Washington, v. 113, p. 115-134, 1987.

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.

VENCOVSKY, R. Biometrical approaches for molecular marks estimation of effective population size. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY, 1997, Piracicaba. *Proceedings...* Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. p. 233-234.

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

WRIGHT, S. Evolution and the genetics populations. *Annual Eugenetic*, Chicago, v. 15, p. 323-354, 1951.

YANG, R. C.; YEH, F. C.; YANCHUK, A. D. A comparison of isozymes and quantitative genetic variation in *Pinus contorta* spp *latifolia* by F_{ST} . *Genetics*, Washington, v. 142, p. 1045-1052, 1996.

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, DA LUZ E DO TEOR DE ÁGUA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Schinus terebinthifolius* Raddi-ANACARDIACEAE (AROEIRA-VERMELHA)¹

Maria Conceição Carvalho da SILVA²

João NAKAGAWA³

Márcia Balistiero FIGLIOLIA⁴

RESUMO

Estudou-se a germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha), sob diferentes condições de temperatura, teor de água do substrato e luz. Os regimes de temperatura foram constantes de 20°C, 25°C e 30°C, simulando as condições de mata sob dossel e alternadas de 20-30°C, para área aberta. A quantidade de água do substrato foi 2,0; 2,5 e 3,0 vezes o peso do substrato, em volume de água correspondendo a 10 (úmido), 12,5 (muito úmido) e 15 mL (encharcado) de água destilada. Avaliou-se os efeitos da luz vermelho-extremo, presença e ausência de luz branca. Os testes de germinação foram instalados com quatro repetições de 25 sementes cada, sobre duas folhas de papel de filtro. A contagem de sementes germinadas iniciou-se a partir do nono dia, após a instalação dos testes, e se estendeu até o vigésimo dia. Foram avaliadas a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes. As sementes germinaram melhor nas condições: a) ausência de luz, com temperaturas alternadas de 20-30°C, e substrato muito úmido; b) presença de luz branca e de luz vermelho-extremo, com temperatura constante de 20°C, e substrato muito úmido. O efeito positivo das temperaturas testadas, com os teores de água e regimes de luz sobre a germinação pode indicar que a espécie é pouco exigente quanto à germinação e estaria adaptada a germinar e apresentar bom desenvolvimento em áreas abertas e de pequenas clareiras.

Palavras-chave: *Schinus terebinthifolius*; semente; espectro de luz; quantidade de água; temperatura; germinação.

ABSTRACT

The germination of *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae seeds was studied under different conditions of temperature, substrate moisture content and light. The temperature conditions were constantly under 20°C, 25°C and 30°C, to simulate forest conditions under canopy and alternated temperature of 20-30°C for an open area. The quantity of the substrate moisture were 2.0; 2.5 and 3.0 times the substrate weight, in water volume, corresponding to 10 (humid), 12.5 (much humid) and 15 mL (soaked) of distilled water. The effect of far-red light, the presence and absence of white light (dark) were evaluated. The germination tests were installed with 4 (four) replications of 25 (twenty-five) seeds, on two filter papers. The counting of the germinated seeds began on the 9th day after the installation of the tests, which was extended to the 20th day. The percentage and the speed of the seeds germination were evaluated. The best percentages of germination were in the absence of white light (dark), with alternated temperature of 20-30°C and a water volume equal to 2.5 times the substrate weight and in the presence of white light and the far-red light, under constant temperature of 20°C and the water volume equal to 2.5 times the substrate weight. The positive effect of the tested temperatures, with moisture content and light conditions on germination, could indicate that the studied species has a low requirement on germination and would be adapted to germinate having high performance in open areas and small gaps.

Key words: *Schinus terebinthifolius*; light; water volume; temperature; forest seed; germination.

1 INTRODUÇÃO

Essências florestais de grande importância econômica pelo elevado valor de sua madeira ou pelo seu valor paisagístico, forrageiro e medicinal (Pio-Corrêa, 1969), como é o caso de *Schinus terebinthifolius* Raddi, têm a propagação comprometida pela falta de estudos sobre o comportamento germinativo das sementes.

Schinus terebinthifolius apresenta distribuição natural limitada à América do Sul ocorrendo na Argentina, Paraguai, Uruguai e, no Brasil, em várias formações vegetais, estendendo-se desde Pernambuco até Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (Lorenzi, 1992). No Nordeste brasileiro, conhecida como aroeira, é freqüente na faixa litorânea onde a pluviosidade é elevada (Carvalho, 1994).

(1) Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada em 06/06/2000 ao Instituto de Biociências-UNESP, Campus de Botucatu, e aceita para publicação em setembro de 2001. (Bolsista da CAPES)

(2) Doutoranda em Ciências Biológicas - Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luiz, km 235, Caixa Postal 676, 13565-905, São Carlos, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

(3) Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP, Departamento de Produção Vegetal, 13603-970, Botucatu, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

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

Possui flores melíferas e é uma das espécies mais procuradas pela avifauna, com ampla ocorrência e boa regeneração natural. Em face disso, seu uso é recomendado em reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente (Lorenzi, 1992). De acordo com este autor é uma espécie classificada como pioneira, perenifolia, heliófita, comum em beira de rios, córregos e em várzeas úmidas de formações secundárias, ocorrendo ainda, em terrenos secos e pobres. É conhecida pelos nomes populares de aroeira-mansa, aroeira-vermelha, aroeira-pimenteira, aroeira-da-praia, aroeira-do-brejo, aroeira-branca, fruto-de-sabiá, entre outros.

A falta de conhecimento básico sobre as exigências das sementes de *S. terebinthifolius* quanto à germinação bem como, a obtenção de informações sobre uma metodologia padronizada para o teste de germinação, visto que os trabalhos desenvolvidos apresentam sérias controvérsias quanto às condições mais adequadas para a realização do teste, foi o que motivou este estudo.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a condição mais adequada para a germinação, considerando a temperatura, o teor de água do substrato e a luz, como fatores externos que atuam no processo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A germinação é um dos momentos mais críticos para o estabelecimento das plantas em seu habitat, sendo afetada por fatores intrínsecos e extrínsecos, fundamentais para que o processo se realize normalmente (Medina, 1977; Toledo & Marcos Filho, 1977).

Sendo a embebição a primeira fase do processo germinativo, a água exerce a mais determinante influência sobre ele pois, da sua absorção resulta a reidratação dos tecidos com a conseqüente intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas, que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes para a retomada do crescimento pelo eixo embrionário (Carvalho & Nakagawa, 2000). A velocidade de embebição está diretamente relacionada com a temperatura, sendo maior à medida que esta se eleva (Borges & Rena, 1993).

O conhecimento do teor de água da semente e as modificações ocasionadas são de vital importância para todos aqueles que trabalham com sementes florestais (Wang, 1974; Bonner & Turner, 1980; Bonner, 1981 e 1984). No entanto, para a maioria das espécies florestais nativas, esse parâmetro é desconhecido.

A temperatura e a luz são outros dois fatores externos que influenciam a germinação das sementes. De acordo com Bewley & Black (1985), a temperatura afeta a capacidade germinativa e a velocidade de germinação.

A temperatura juntamente com a umidade do substrato e a luz, são os principais fatores que influenciam a germinação de sementes (Meyer, 1986). A temperatura ideal de germinação, de forma geral, varia na faixa de temperaturas encontradas no local e na época ideal à emergência e estabelecimento das plântulas.

As sementes são capazes de germinar sob uma amplitude de temperatura definida para cada espécie, existindo uma temperatura máxima e uma mínima, acima e abaixo das quais, respectivamente, a germinação não ocorre. Na faixa de temperatura ótima ocorre a maior porcentagem de germinação no menor espaço de tempo, sendo a relação temperatura-tempo fundamental. De acordo com Borges & Rena (1993), as espécies tropicais e subtropicais têm se comportado melhor em temperaturas variando de 20°C a 30°C. No entanto, o grau de exigência das sementes de algumas espécies pode extrapolar esses limites, como foi verificado por Hebling (1997) para *Enterolobium contortisiliquum*, onde o autor observou que os valores de temperatura ótima de germinabilidade das sementes situam-se no intervalo de 15 a 39°C, expressando máximo potencial germinativo a 21°C.

Sementes de muitas espécies expressam seu máximo potencial germinativo em temperaturas constantes, enquanto algumas o fazem sob regime de temperaturas alternadas; outras espécies são indiferentes, e consideradas termoblásticas neutras (Figliolia *et al.*, 1993) como é o caso das sementes de *Pterogyne nitens*, cuja germinação ocorreu em ampla faixa de temperatura, podendo ser classificada como euritêmica (Nassif, 1996).

No tocante ao fator luz, toda a teoria existente está embasada em sementes agrícolas. No entanto, para espécies florestais, os processos ocorrem de maneira peculiar, envolvendo não somente as interações que ocorrem no ecossistema, como também o grupo funcional da espécie dentro do processo de sucessão.

De acordo com Hicks & Chabot (1995) o dossel da vegetação afeta tanto a qualidade como a intensidade da irradiação que atinge os estratos próximos ao solo. Sabe-se que em florestas tropicais e florestas temperadas decíduas o dossel não somente filtra a luz, mas também diminui a sua intensidade no subdossel.

Um aspecto de grande interesse ecológico é que em condições naturais as folhas das árvores absorvem preferencialmente a luz nas faixas do azul e do vermelho, sendo a luz que passa através das folhas predominantemente constituída de radiação vermelho-extremo (Smith *apud* Labouriau, 1983). Em consequência, as sementes que estão à sombra das folhas de outras plantas e são fotoblásticas positivas têm o seu fitocromo (F) predominantemente sob a forma inativa Fv. Este efeito é tanto mais pronunciado quanto maior é a densidade da folhagem, de modo que a baixa concentração de Fve funciona como um sinal de baixa intensidade luminosa, impedindo que as sementes que exigem certa proporção de Fve/Ftotal germinem nestas condições. Esse efeito inibidor da germinação é adaptativo, porque tende a confinar a germinação às clareiras, onde há maior probabilidade de sobrevivência das plântulas, devido às melhores condições de iluminação (Labouriau, 1983; Salisbury & Ross, 1992).

Em função dessa complexidade, as espécies apresentam comportamentos germinativos diversos. Cita-se como exemplo, sementes de *Euphorbia heterophylla* L. que apresentaram comportamento indiferente à luz, como foi observado por Suda & Pereira (1997) e de sementes de *Schinus terebinthifolius* que apresentaram fotoblastismo positivo, sendo a germinação das sementes estimulada pelas luzes vermelho-extremo ($0,22 \mu\text{w}/\text{cm}^2$) e azul ($0,12 \mu\text{w}/\text{cm}^2$) e inibida pela luz vermelha ($1,1 \mu\text{w}/\text{cm}^2$), em especial sob temperatura de 20°C (Nogueira *et al.*, 1997). As condições típicas de clareiras (luz vermelha e temperatura superior a 30°C) foram restritivas à germinação de sementes de aroeira. Esses resultados demonstraram capacidade de germinar sob o dossel florestal,

onde há dominância do comprimento de onda vermelho-extremo e temperaturas mais baixas que em áreas abertas (Nogueira *et al.*, 1997).

Para cada um dos grupos ecológicos pode se encontrar respostas diferenciadas. As espécies pioneiras apresentam capacidade de germinar em condições de maior incidência de luz do tipo vermelho, predominante em áreas mais abertas (Vásquez-Yánes & Sada, 1985), enquanto as clímax podem responder à predominância de luz do tipo vermelho-extremo, cuja taxa é maior em áreas sombreadas do sub-bosque florestal (Djanguren & Vásquez-Yánes *apud* Oliveira *et al.*, 1989). Há o caso de espécies que só germinam na ausência de luz devido às condições específicas de ocorrência, como é o caso de *Tabebuia cassinoides*, que ocorre em mangue (Figliolia *et al.*, 1993). Embora as características evolutivas de cada espécie possam alterar tal quadro, este comportamento vem sendo confirmado pelas pesquisas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Cinco árvores de *Schinus terebinthifolius* foram selecionadas em área de mata tropical nativa, remanescente de Mata Atlântica, no Parque Estadual da Cantareira, pertencente ao Instituto Florestal, localizado no município de São Paulo. Os frutos, colhidos em março de 1999, foram separados pela cor, selecionando-se os róseos e os vermelhos por serem os que atingiram a maturidade fisiológica (Barbedo *et al.*, 1993), os quais consistiram em uma única amostra. Parte do pericarpo foi removida por atrito dos frutos sobre uma peneira, sob água corrente, pois, de acordo com Oliveira *et al.* (1989) essa prática favorece a germinação das sementes. Em seguida, as sementes foram levemente maceradas sem danificá-las, e colocadas para secar à sombra sobre papel toalha.

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Instituto Florestal de São Paulo-SP, Órgão da Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

Os testes de germinação foram conduzidos em germinadores tipo câmara, sendo as sementes colocadas para germinar em caixas plásticas (gerbox), contendo duas folhas de papel de filtro autoclavado e esterilizado a 120°C (Oliveira *et al.*, 1989), com quatro repetições, contendo 25 sementes cada.

Foram avaliados os efeitos da luz vermelho-extremo e da luz branca, com fotoperíodo de 8 horas, e da ausência de luz. Para os tratamentos no escuro as sementes foram colocadas em gerbox preto e para luz branca foram utilizados gerbox transparentes. Para obtenção da luz vermelho-extremo foram confeccionados filtros coloridos, de acordo com Souza & Pereira (1992), consistindo no emprego de três folhas de papel celofane azul mais duas folhas de papel celofane vermelho. Os gerbox transparentes contendo as sementes foram envolvidos por esse filtro. As contagens de sementes expostas à luz vermelho-extremo e ao escuro foram efetuadas em ambientes iluminados com lâmpadas fluorescentes de 15 w, envolvidas por três folhas de papel celofane verde.

Com relação à temperatura, foram utilizadas as constantes de 20°C, 25°C e 30°C, para simular as condições de mata sob dossel e a alternada de 20-30°C, para simular área aberta, monitorada por termômetros de máxima e mínima.

As quantidades de água do substrato foram iguais a 2,0; 2,5 e 3,0 vezes o peso do substrato, correspondendo a 10; 12,5 e 15 mL de água destilada, por gerbox, conferindo-lhes condição úmida, muito úmida e encharcada, respectivamente, não tendo sido realizada a reposição de água até o encerramento do teste.

A fim de evitar ou minimizar a ocorrência de fungos e bactérias, as sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 4%, com imersão por 4 minutos, lavadas com água destilada e a seguir efetuada a instalação do experimento.

Após a instalação os gerbox foram envolvidos em filme plástico a fim de impedir a perda de água por evaporação. Considerou-se germinadas as sementes que originaram plântulas normais, com todas as estruturas essenciais, mostrando, dessa maneira, potencial para continuar o seu desenvolvimento no campo e originar plantas normais (Brasil, 1992). Foram feitas contagens diárias após o início da germinação, utilizando-se como critério a emissão de raiz primária com, no mínimo 2 mm, para avaliar o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

As análises de variância foram efetuadas sob o esquema fatorial triplo, 4 x 3 x 3, considerando-se os tratamentos: temperatura x teor de água no substrato x luz, em delineamento inteiramente casualizado, e as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Pimentel-Gomes, 1976). Para fim de análise estatística, os dados originais de porcentagem de germinação foram transformados em $(X + 0,5) \frac{1}{2}$ (Steel & Torrie, 1960).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados de porcentagem e de índice de velocidade de germinação mostrou significância para as interações duplas: temperatura x luz, teor de água do substrato x temperatura e teor de água do substrato x luz, mas não para a interação tripla. Desta forma, os dados serão apresentados e discutidos considerando-se as interações duplas.

Para os dois parâmetros estudados, a análise de variância permitiu constatar, conforme se verifica nas TABELAS 1 e 2, efeito significativo da luz e da temperatura na porcentagem e velocidade de germinação das sementes, bem como da interação entre esses dois fatores, a 5% de probabilidade.

Verifica-se, pelos dados apresentados na TABELA 1, que a 20°C as porcentagens de germinação das sementes de aroeira-vermelha obtidas nas luzes branca e vermelho-extremo não diferem entre si, mas foram superiores à obtida na ausência de luz. As sementes nas temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C, submetidas à luz branca, apresentaram maiores valores de germinação do que as mantidas na luz vermelho-extremo e no escuro, embora nem sempre significativamente; a 25°C a luz branca e ausência de luz foram semelhantes à luz vermelho-extremo, não diferindo entre si. As porcentagens de germinação na presença e ausência de luz branca não diferem entre si a 5%, mas foram superiores quando comparadas à luz vermelho-extremo, em temperatura constante de 30°C e alternada de 20-30°C.

A análise comparativa dos dados estatísticos revelou melhores resultados nas temperaturas constante de 20°C na presença de luz, alternadas de 20-30°C sob ausência de luz e constante de 20°C na presença de luz vermelho-extremo (TABELA 1). Por outro lado, a temperatura constante de 30°C não foi favorável à germinação das sementes de aroeira-vermelha, sob a luz vermelho-extremo, na presença e ausência de luz (TABELA 1). Além disso, nesta temperatura houve infestação por fungos dos gêneros *Alternaria* sp, *Pestalotia* sp, *Penicillium* sp, *Rhizopus* sp, *Aspergillus* sp, *Phoma* sp e *Epicoccum* sp, resultando, ao final do teste, sementes em estado avançado de deterioração.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

TABELA 1 - Valores médios de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* submetidas à diferentes temperaturas e espectro de luz.

| Temperatura (°C) | Luz | | |
|-----------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| | Vermelho-extremo | Branca | Escuro |
| 20 | 83,36 Aa | 96,26 Aa | 66,47 Bb |
| 25 | 66,70 Ba | 80,65 Aba | 74,45 Aba |
| 20 - 30 | 61,34 Bb | 82,26 Aba | 86,99 Aa |
| 30 | 28,19 Cb | 73,59 Ba | 60,76 Ba |
| Valor de F para luz (L) | | | 18,33* |
| Valor de F para temperatura (T) | | | 15,56* |
| Valor de F para interação (L x T) | | | 5,76* |
| Coeficiente de variação (%) | | | 14,39 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 2 - Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* obtidos em diferentes temperaturas e espectro de luz.

| Temperatura (°C) | Luz | | |
|-----------------------------------|------------------|----------|----------|
| | Vermelho-extremo | Branca | Escuro |
| 20 | 1,74 Aa | 1,93 Aa | 1,48 Ba |
| 25 | 1,17 Abb | 1,71 Aab | 1,81 Aba |
| 20 - 30 | 1,49 Abb | 1,88 Aab | 2,24 Aa |
| 30 | 0,84 Bb | 2,07 Aa | 1,61 Aba |
| Valor de F para luz (L) | | | 13,76* |
| Valor de F para temperatura (T) | | | 2,85* |
| Valor de F para interação (L x T) | | | 3,65* |
| Coeficiente de variação (%) | | | 34,75 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Hendricks & Taylorson (1976), sementes de algumas espécies, quando mantidas na faixa de 30 a 35°C, sofrem alterações na camada de lipídios das membranas e aumento da lixiviação de aminoácidos, com o conseqüente decréscimo na germinação. A lixiviação de substâncias orgânicas pode ter um efeito prejudicial indireto, estimulando o crescimento de microrganismos na superfície das sementes (Bewley, 1986).

Os dados de velocidade de germinação das sementes obtidos nos tratamentos testados são apresentados na TABELA 2. Verifica-se que a maior velocidade de germinação foi obtida nas temperaturas alternadas de 20-30°C, na ausência de luz, seguida da luz branca a 30°C, embora esta não tenha diferido dos valores obtidos nas demais temperaturas. É interessante ressaltar que o menor valor de germinação para esta

temperatura foi obtido nessa condição. Já, na presença de luz vermelho-extremo, a maior velocidade foi revelada na temperatura constante de 20°C, sem diferir de 25°C e 20-30°C ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se pela TABELA 2 que, de maneira geral, a maior velocidade de germinação foi obtida na temperatura alternada de 20-30°C, na ausência de luz branca, embora não corresponda ao maior valor de germinação, e a menor velocidade de germinação foi obtida na temperatura de 30°C, na presença da luz vermelho-extremo. Em termos médios a luz branca foi a que apresentou maior valor de IVG.

Os valores médios de porcentagem e velocidade de germinação das sementes de aroeira-vermelha submetidas aos diferentes tratamentos de umidade e temperatura, bem como os valores de F, com as significâncias, são apresentados nas TABELAS 3 e 4.

TABELA 3 - Valores médios de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* submetidas à diferentes temperaturas e quantidade de água (em vezes o peso do substrato).

| Água | Temperatura (°C) | | | |
|-----------------------------------|------------------|-----------|------------|--------------------|
| | 20 | 25 | 20 - 30 | 30 |
| 2 | 66,32 Bab | 77,12 Aa | 90,04 Aa | 47,85 Ab |
| 2,5 | 92,02 Aa | 71,62 Aab | 81,05 Abab | 59,56 Ab |
| 3 | 87,57 Aba | 72,79 Aab | 59,85 Bbc | 49,74 Ac |
| Valor de F para umidade (U) | | | | 2,32 ^{ns} |
| Valor de F para temperatura (T) | | | | 15,56* |
| Valor de F para interação (U x T) | | | | 3,63* |
| Coeficiente de variação (%) | | | | 14,39 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.
(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.
(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
(^{ns}) Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4 - Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* obtidos em diferentes quantidades de água e temperaturas.

| Água | Temperatura (°C) | | | |
|-----------------------------------|------------------|----------|---------|---------|
| | 20 | 25 | 20 - 30 | 30 |
| 2 | 1,59 Ab | 1,78 Aab | 2,36 Aa | 1,37 Ab |
| 2,5 | 1,92 Aa | 1,58 Aa | 1,98 Aa | 1,90 Aa |
| 3 | 1,63 Aa | 1,34 Aa | 1,27 Ba | 1,24 Aa |
| Valor de F para umidade (U) | | | | 9,31* |
| Valor de F para temperatura (T) | | | | 2,85* |
| Valor de F para interação (U x T) | | | | 2,97* |
| Coeficiente de variação (%) | | | | 34,75 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.
(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.
(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

As sementes, quando submetidas à temperatura constante de 20°C com volume de água igual a 2,5 vezes o peso do substrato, apresentaram maior porcentagem de germinação, seguida de volume de água igual a 3,0 vezes o peso do substrato, as quais não diferem entre si a 5% de probabilidade. Já, as sementes submetidas às temperaturas alternadas de 20-30°C, com o volume de água igual a 2,0 vezes o peso do substrato, foram as que apresentaram maior porcentagem e velocidade de germinação, seguidas de 2,5 vezes o peso do substrato, que não diferem entre si a 5% de probabilidade (TABELAS 3 e 4).

Na temperatura de 30°C ocorreram os mais baixos valores para porcentagem e velocidade de germinação das sementes quando se umedeceu o substrato com a quantidade de água equivalente a 2,0 e 3,0 vezes o peso do substrato.

Segundo Belcher (1975), quando os níveis de umidade no substrato são baixos, esses não atingem o teor mínimo necessário para que haja início do desenvolvimento da raiz primária e

alongamento do hipocótilo, ficando o desenvolvimento do eixo embrionário prejudicado. Neste trabalho, o tratamento com a menor quantidade de água provavelmente não atingiu esse teor desfavorável à germinação.

Analisando o fator temperatura, verifica-se que os melhores resultados de germinação foram obtidos nas temperaturas constantes de 20°C, com teores de água de 2,5 e 3,0 vezes o peso do substrato e, alternadas de 20-30°C, nos teores de água com 2,0 e 2,5 vezes, que não diferiram entre si ao nível de 5% de probabilidade, seguidos da temperatura de 25°C, que não diferiu de 20°C e 20-30°C, nestes teores de água (TABELA 3). Esses resultados são fortalecidos pelos valores de velocidade de germinação obtidos para essas temperaturas e teores de umidade (TABELA 4), refletindo a adequação dessas condições para a germinação das sementes.

Os valores médios de porcentagem e velocidade de germinação das sementes de aroeira-vermelha submetidas aos diferentes tratamentos de umidade e luz são apresentados nas TABELAS 5 e 6.

TABELA 5 - Valores médios de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* submetidas à diferentes quantidades de água e espectro de luz.

| Água | Luz | | |
|-----------------------------------|------------------|----------|--------------------|
| | Vermelho-extremo | Branca | Escuro |
| 2 | 71,65 Aab | 83,74 Aa | 54,53 Bb |
| 2,5 | 56,93 Abb | 85,59 Aa | 86,21 Aa |
| 3 | 46,55 Bb | 79,72 Aa | 76,68 Aa |
| Valor de F para umidade (U) | | | 2,32 ^{ns} |
| Valor de F para luz (L) | | | 18,33* |
| Valor de F para interação (U x L) | | | 7,82* |
| Coeficiente de variação (%) | | | 14,39 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(^{ns}) Não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6 - Valores médios do índice de velocidade de germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* obtidos a diferentes quantidades de água e espectro de luz.

| Água | Luz | | |
|-----------------------------------|------------------|----------|---------|
| | Vermelho-extremo | Branca | Escuro |
| 2,0 | 1,86 Aa | 2,07 Aa | 1,39 Bb |
| 2,5 | 1,17 Bb | 1,98 ABa | 2,38 Aa |
| 3,0 | 0,90 Bb | 1,64 Ba | 1,58 Ba |
| Valor de F para umidade (U) | | | 9,30* |
| Valor de F para luz (L) | | | 13,76* |
| Valor de F para interação (U x L) | | | 8,98* |
| Coeficiente de variação (%) | | | 34,75 |

(a, b) Em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(A, B) Em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si a 5% de probabilidade.

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que os tratamentos com luz branca e luz vermelho-extremo em substrato úmido (2,0 vezes o peso do substrato) não diferiram entre si mas foram superiores ao tratamento com ausência de luz. Já, em substrato muito úmido e encharcado (2,5 e 3,0 vezes o peso do substrato, respectivamente) a capacidade germinativa das sementes foi superior estatisticamente na presença e ausência de luz branca quando comparada à luz vermelho-extremo (TABELA 5). Semelhante comportamento foi constatado para os índices de velocidade de germinação (TABELA 6).

Na luz vermelho-extremo o mais baixo valor para porcentagem e velocidade de germinação das sementes foi observado quando se umedeceu o substrato com a quantidade de água equivalente a 3,0 vezes o peso do substrato (TABELAS 5 e 6), o mesmo ocorrendo a 30°C (TABELA 1). Nesta luz, quando a espécie foi submetida a pouca umidade, observou-se ser este o recurso exigido pela semente para expressar o seu máximo potencial germinativo. Neste tratamento, possivelmente o excesso de água tenha dificultado as trocas gasosas, diminuindo o processo respiratório e provocando atraso ou paralisação da germinação, ou até mesmo a morte das sementes

(Maguire, 1973; Popinigis, 1985; Marcos Filho *et al.*, 1987; Carvalho & Nakagawa, 2000).

Os valores médios de sementes mortas de *S. terebinthifolius* obtidos nos diferentes tratamentos são apresentados na TABELA 7.

Constatam-se elevados valores médios de sementes mortas presentes em todas as temperaturas, sendo que nos teores de água iguais a 2,0 vezes o peso do substrato no escuro, exceto na temperatura alternada de 20-30°C; e com 3 vezes o peso do substrato, na luz vermelho-extremo foram mais altos, quando comparados a 2,5 vezes o peso do substrato, exceto a 25°C (TABELA 7). Os menores valores médios de sementes mortas foram na ausência de luz, a temperaturas alternadas de 20-30°C, com teor de água igual a 2,5 vezes o peso do substrato; na luz vermelho-extremo, à temperatura constante de 20°C, com teor de água igual a 2,5 vezes o peso do substrato e, na presença de luz branca, à temperatura constante de 20°C, com teor de água igual a 3,0 vezes o peso do substrato. Observa-se que à temperatura de 30°C obteve-se a maior porcentagem de sementes mortas na luz vermelho-extremo, justificando o pior comportamento dessa condição em termos de porcentagem e velocidade de germinação.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

TABELA 7 - Valores médios de sementes mortas de *Schinus terebinthifolius* expressos em porcentagem, obtidos nas temperaturas, quantidade de água e espectro de luz.

| Luz | Temperatura (°C) | Água | | |
|------------------|------------------|----------|-----------|-----------|
| | | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| Branca | 20 | 5,62 Ab | 1,50 Bb | 0,62 Bc |
| | 25 | 6,35 Bb | 27,80 Ab | 21,39 Aab |
| | 20 - 30 | 4,57 Ba | 18,33 Aa | 22,50 Ab |
| | 30 | 35,74 Aa | 4,19 Bc | 22,77 Ab |
| Vermelho-extremo | 20 | 8,82 Bb | 7,69 Ba | 21,88 Aa |
| | 25 | 17,69 Bb | 43,77 Aa | 33,61 Aa |
| | 20 - 30 | 7,79 Ca | 25,84 Ba | 62,92 Aa |
| | 30 | 43,42 Ba | 70,71 Aa | 77,68 Aa |
| Escuro | 20 | 63,25 Aa | 3,37 Bab | 4,88 Bb |
| | 25 | 32,75 Aa | 22,73 ABb | 13,22 Bb |
| | 20 - 30 | 4,19 Ba | 2,78 Bb | 26,03 Ab |
| | 30 | 47,46 A | 15,39 Bb | 23,86 Bb |

(A, B) Médias para diferentes quantidades de água na mesma temperatura e mesmo espectro de luz.

(a, b) Médias para diferentes espectro de luz na mesma temperatura e mesma quantidade de água.

A sensibilidade das sementes à luz varia com a espécie. Em algumas espécies a presença da luz aumenta a capacidade e a velocidade de germinação, efeito este designado fotoblastismo positivo. Nas clareiras das florestas predomina a incidência de luz vermelha (Freire *et al.*, 1993), enquanto no sub-bosque há predomínio de luz vermelho-extremo (Jesus & Piña-Rodrigues, 1991). Embora havendo uma inibição da germinação em temperaturas mais elevadas, verificou-se que as sementes de aroeira apresentaram bom comportamento germinativo tanto na presença como na ausência de luz branca, quanto ao vermelho-extremo. Com isso pode-se afirmar que elas são capazes de germinar tanto a pleno sol, nas clareiras, como sob o dossel da floresta. Esse comportamento, de acordo com Kageyama & Viana (1991) e Sechese *et al.* (1992) é característico das espécies dos estádios mais avançados da sucessão florestal, como é o caso da aroeira, classificada por Nogueira *et al.* (1997) como espécie secundária típica.

Os mesmos autores verificaram que a temperatura de 30°C também foi restritiva à germinação das sementes de aroeira-vermelha.

Porém, convém recordar que dentro de uma mesma espécie pode haver variações segundo a procedência, por variação genética e outras causas. Isso, provavelmente, explica o fato de sementes de *Cedrela fissilis* ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro serem restritivas à germinação na temperatura constante de 30°C (Piña-Rodrigues *et al.*, 1996) e as ocorrentes no Estado de São Paulo apresentarem boa germinação à temperatura constante de 30°C (Figliolia & Silva, 1997). Melhem (1975) cita que a temperatura mínima para a germinação das sementes de plantas tropicais encontra-se na faixa de 10 a 20°C.

No caso da aroeira, os resultados demonstraram que suas sementes apresentaram uma exigência de flutuação de temperaturas durante o desenvolvimento do processo germinativo, sob determinadas situações de umidade ou luz, o que vem ao encontro do proposto por Oliveira *et al.* (1989) onde recomendam a inclusão de temperaturas alternadas em pesquisas relacionadas à metodologia de análise de germinação de sementes florestais, uma vez que essas simulariam flutuações de temperaturas que ocorrem próximo ao solo, sob condições naturais.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

As porcentagens de germinação das sementes provenientes dos níveis de umidade igual a 2 e 2,5 vezes o peso do substrato tenderam a ser mais elevadas que a 3 vezes o peso do substrato (TABELAS 5 e 6). Essa diferença é consequência da maior porcentagem de sementes mortas detectada nessa condição, o que leva a crer que, com excesso de umidade, a quantidade de oxigênio presente foi insuficiente para o início da germinação e para o desenvolvimento das estruturas vitais do embrião (TABELA 7). Na luz vermelho-extremo, com algumas exceções, ocorreu maior mortalidade de sementes. Essas observações levam a considerar que a espécie é pouco exigente quanto à germinação e estaria adaptada a germinar e apresentar bom desenvolvimento em áreas abertas e de pequenas clareiras, nunca em grandes claros onde seriam inibidas por temperaturas elevadas.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que as sementes de *Schinus terebinthifolius*:

- apresentam fotoblastismo neutro, pois germinaram tanto na presença quanto na ausência de luz;
- apresentam capacidade de germinar em condições de áreas abertas (temperatura alternada 20-30°C) e sob dossel florestal onde predomina a luz vermelho-extremo, e
- preferem substratos úmido e muito úmido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEDO, C. J. *et al.* Germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi var. *acutifolia* Engl. (aroeira-vermelha) provenientes de frutos com diferentes colorações. *Inf. ABRATES*, Brasília, DF, v. 3, n. 3, p. 119, 1993. (Resumos).
- BELCHER, E. W. Influence of substrate moisture level on the germination of seed of selected *Pinus* species. *Seed Sci. Technol.*, Zurich, v. 3, n. 3, p. 597-604, 1975.
- BEWLEY, D. J. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbation resulting from deterioration in storage. In: McDONALD, M. B.; NELSON, C. J. *Physiology of seed deterioration*. Madison: Crop Science Society of America, 1986. p. 27-46.
- BEWLEY, D. J.; BLACK, M. *Seeds - physiology of development and germination*. New York: Plenum, 1985. p. 175-235.
- BONNER, F. T. *Measurement and management of seed moisture*. New Orleans: United States Department of Agriculture, Southern Forest Experiment Station, 1981. 10 p. (For Serv. Res. Pap. SO, 177).
- _____. Tolerance limits in measurement of tree seed moisture. *Seed Sci. Technol.*, Zurich, v. 12, p. 789-94, 1984.
- _____.; TURNER, B. J. Rapid measurement of the moisture content of large seeds. *Tree Planter's Notes*, Washington, v. 31, p. 9-10, 1980.
- BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p. 83-136.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: SNAD/DND/CLAV, 1992. 365 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA/SPI, 1994. 640 p.
- FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p. 137-174.
- _____.; SILVA, A. da. Ecofisiologia da germinação de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell - Meliaceae), em diferentes regimes de temperatura, umidade e luz. *Inf. ABRATES*, Brasília, DF, v. 7, p. 208, 1997. (Resumos).
- FREIRE, R. M.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; NUNES, M. V. Ecologia da germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. *Inf. ABRATES*, Brasília, DF, v. 3, p. 111, 1993.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

HEBLING, S. A. Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Velloso) Monrong. 1997. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

HENDRICKS, S. B.; TAYLORSON, R. B. Variation in germination and amino acid leakage of seeds with temperature related to membrane phase change. *Plant Physiol.*, Bethesda, v. 58, p. 7-11, 1976.

HICKS, D. J.; CHABOT, B. F. Deciduous forest. In: CHABOT, B. F.; MOONEY, H. A. *Physiological ecology of northern american plant communities*. London: Chapman and Hall, 1995. p. 257-277.

JESUS, R. M.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Programa de produção de sementes florestais da Florestas Vale do Rio Doce S. A.: uma discussão dos resultados obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. *Anais...* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 1991. p. 59-86.

KAGEYAMA, P. Y.; VIANA, V. M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. *Anais...* São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 1991. p. 197-215.

LABOURIAU, L. G. A germinação de sementes. Washington: Secretaria da O. E. A., 1983. 173 p.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 302 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.*, Madison, v. 1, p. 176-77, 1962.

_____. Physiological disorders in germination seeds induced by environment. In: HEIDECKER, W. (Ed.). *Seed ecology*. London: Butterworths, 1973. 578 p.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. *Avaliação da qualidade das sementes*. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MEDINA, E. *Introducción a la ecofisiologia vegetal*. Washington: Secretaria Geral da O. E. A., 1977. 97 p.

MELHEM, T. S. Fisiologia da germinação das sementes de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae - Papilionoideae). *Hoehnea*, São Paulo, v. 5, p. 59-90, 1975.

MEYER, A. M. How do seeds their environment? Some biochemical aspects of the sensing of water potencial, light and temperature. *Isr. Bot.*, Oxford, v. 35, p. 3-16, 1986.

NASSIF, S. M. L. *Pterogyne nitens* Tul: estudos referentes ao comportamento germinativo sob influência da disponibilidade hídrica, salidade, luz, profundidade de plantio, substrato, temperatura e tratamentos para quebra de dormência. 1996. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

NOGUEIRA, E. S.; SOUZA, N. F.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Comportamento de germinação de sementes de embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*) e aroeira (*Schinus terebinthifolius*) sob diferentes condições de luz e temperatura. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: UFRRJ, 1997. 1 p.

OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Propostas para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. *Rev. Bras. Sementes*, Brasília, DF, v. 11, p. 1-42, 1989.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 4. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1976. 430 p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C.; REIS, L. L.; EULER, A. M. C. Padrões ecofisiológicos de germinação de sementes de espécies secundárias arbóreas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 11., 1996, São Carlos. *Resumos...* São Carlos: UFSCar, 1996. 70 p.

PIO-CORRÊA, M. *Dicionários das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Brasília, DF: IBAMA, 1969. 6 v.

POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente*. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, AGIPLAN, 1985. 289 p.

SILVA, M. C. C. da; NAKAGAWA, J.; FIGLIOLIA, M. B. Influência da temperatura, da luz e do teor de água na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi-Anacardiaceae (aroeira-vermelha).

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4. ed. California: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682 p.

SANCHOTENE, M. C. C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na arborização urbana**. Porto Alegre: Sagra, 1989. 304 p.

SECHESSE, F.; ISSHIKI, K.; VITTI, A. P. Ecofisiologia da germinação de espécies arbóreas. Sér. Téc. IPEF, Piracicaba, v. 8, n. 25, p. 9-11, 1992.

SMITH, H. Light quality and germination: ecological implications. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. London: Butterworths, 1973. p. 219-31.

SOUZA, R. P.; PEREIRA, M. F. D. A. Interação de luz, GA₃ e estratificação na germinação de sementes de *Impatiens wallerana*. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, Londrina, v. 4, p. 21-5, 1992.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. London: Mc Graw Hill, 1960. 481 p.

SUDA, C. N. K.; PEREIRA, M. F. D. A. Sensibilidade à luz de sementes de *Euphorbia heterophylla* L. durante a germinação. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, Londrina, v. 9, p. 61-6, 1997.

TOLEDO, F. F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes: tecnologia da produção**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1977. 224 p.

VÁSQUEZ-YÁNES, C.; SADA, S. G. Caracterización de los grupos de árboles de la selva húmeda. In: GOMEZ-POMPA, A. E.; DEL AMO, S. (Ed.). **Investigaciones sobre la regeneración de las selvas altas em Vera Cruz**. Mexico: Alhambra Mexicana/INIRB, 1985. v. 12, p. 241-254.

WANG, B. S. P. **Tree seed storage**. Ottawa: Canadian Forestry Service, 1974. 32 p. (Publication, 01335).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E O PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DAS SEMENTES DE QUATRO ESPÉCIES DE PALMEIRAS CULTIVADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO*

Maria Isabel VALLILO**

Mário TAVARES***

Sabria AUED-PIMENTEL***

Maria Lima GARBELOTTI***

Norberto Camilo CAMPOS***

RESUMO

As palmeiras, plantas da família Palmae, são características da flora tropical, das quais pouco se conhece sobre o valor nutricional de seus frutos. Assim sendo, fez-se a determinação da composição centesimal aproximada, o perfil de ácidos graxos dos óleos e a concentração de alguns metais nas sementes das espécies *Dypsis lutescens* H. Wendl. (areca-bambu), *Phoenix roebelenii* O'Brien (robelinea), *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud (das-canárias) e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (jerivá), visando estabelecer o potencial nutritivo de cada espécie. Detectou-se em todas as amostras elevado teor de fibras alimentares (20,12 a 63,18% p/p). A palmeira jerivá revelou alto valor lipídico (56,07% p/p) e maior conteúdo protéico dentre todas as espécies (9,30% p/p), sendo em consequência, a mais energética (550 kcal/100 g). As demais amostras apresentaram teores de lipídios de 1,95 a 6,2% p/p e de proteínas entre 4,96 e 6,48% p/p. Na fração oleosa de todas as amostras, predominou o ácido láurico (21,75 a 48,13% p/p) dentre os ácidos graxos saturados e, do ácido oléico (5,82 a 39,02% p/p), quanto aos insaturados. As palmeiras areca-bambu e jerivá exibiram um grau significativo de ácidos graxos saturados no óleo (89,20% p/p e 78,24% p/p, respectivamente), semelhante ao óleo de coco, enquanto os óleos da robelinea e das-canárias mostraram similaridade entre os valores dos ácidos saturados e insaturados (44 a 55% p/p). Os valores de alguns minerais, principalmente de Se, P, Mg e Ca, somados aos teores de lipídios e fibras alimentares, são fontes complementares à alimentação da fauna e sugerem o emprego das sementes como matéria prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica.

Palavras-chave: composição química; *Dypsis lutescens* H. Wendl.; *Phoenix roebelenii* O'Brien; *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud; *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.

ABSTRACT

The palms belong to the Palmae family from the tropical flora. The fruits are little known about their chemical composition and nutritive value. In this paper are reported, the centesimal composition, the oils fatty acids profile and the minerals of seeds of the species *Dypsis lutescens* H. Wendl., *Phoenix roebelenii* O'Brien, *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud and *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman. All the samples showed high fibers level (20.12-63.18% w/w). The jeriva palm presented high lipids level (56.07% w/w) and protein (9.30% w/w) respectively and consequently the highest calories values (550 kcal/100 g). The other species showed lipids level among 1.95-6.20% w/w and the protein 4.96-6.48% w/w. Relating to the oils, the predominance of lauric acid (21.75-48.13% w/w) among the saturated fatty acids and the oleic acid (5.82-39.02% w/w) for the unsaturated. The species areca-bambu and jeriva presented a significative degree of saturated oil (89.20-78.24% w/w, respectively) similar for the coconut oils, whereas the oils of robelinea and das-canárias showed similarity among saturated and unsaturated fatty acids. The levels of some minerals (Se, P, Mg and Ca) plus lipids and fiber content reinforce the use of these seeds as food for the fauna and as source of raw materials for the oleochemical and pharmaceutical industries.

Key words: chemical composition; *Dypsis lutescens* H. Wendl.; *Phoenix roebelenii* O'Brien; *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud; *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.

(*) Parte do trabalho apresentada no Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rio de Janeiro-RJ, 1998, e aceita para publicação em outubro de 2001.

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

(***) Instituto Adolfo Lutz, Divisão de Bromatologia e Química, Caixa Postal 1783, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras são plantas monocotiledôneas da família botânica *Palmae* ou *Palmaceae*, características da flora tropical e representadas por mais de 240 gêneros e de 3.500 espécies. Muitas delas têm grande importância econômica pela diversidade de produtos que oferecem, principalmente para a alimentação humana (Lorenzi, 1996).

A maior ocorrência dos gêneros e espécies se dá nas regiões tropicais da Ásia, Indonésia, ilhas do Pacífico e Américas, além de Madagascar, vizinho ao continente africano (Lorenzi, 1996).

Segundo o autor *op. cit.*, no Brasil, aproximadamente 200 espécies de palmeiras nativas são encontradas naturalmente em seu território e até em países fronteiriços, sendo introduzidas e cultivadas no país um número similar de palmeiras exóticas, algumas das quais exclusivas de colecionadores e viveiristas.

Dentre as exóticas, podem ser citadas as conhecidas pelos nomes vulgares de areca-bambu, robelinea e das-canárias, originárias de Madagascar, nordeste da Índia e ilhas das Canárias, respectivamente (Lorenzi, 1996). As duas primeiras são largamente cultivadas e difundidas, de grande efeito decorativo, ao passo que a última é, provavelmente, a espécie com a aparência tropical mais marcante no gênero *Phoenix* (McCurrach, 1980 e Lorenzi, 1996).

No tocante às palmeiras nativas, deve ser destacada a jerivá, originária do Brasil e de ocorrência também na Argentina, Paraguai e Uruguai, conhecida noutros países como "queen palm" (palmeira rainha) (Lorenzi, 1996). Essa palmeira foi escolhida para simbolizar o projeto paisagístico denominado "São Paulo Pomar - Mais Verde, Mais Vida", executado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, com o objetivo de reflorestar as margens do rio Pinheiros, localizado na cidade de São Paulo. A escolha se deve ao fato de que na década de 30, essa espécie ter sido muito comum na região, emprestando vários nomes de origem tupi-guarani ao rio Pinheiros como Jeribatiba ou Jurubatuba, que significa "muitos jerivás", além disso, apresenta raízes superficiais que tornam ideal seu replantio nas margens desse rio (Jtweb, 1999).

A par de sua importância como componente do paisagismo nacional, as palmeiras podem se destacar também como boa fonte de nutrientes através de seus frutos. Alguns frutos de palmeiras nativas já foram pesquisados quanto a seu valor nutricional,

principalmente quanto ao conteúdo lipídico e de ácidos graxos, como por exemplo o coqueiro (Balachandran *et al.*, 1985; Tavares *et al.*, 1997), sendo raro tal estudo com exóticas. Por outro lado, foi sugerido na década de 80 um estudo mais profundo de espécies oleaginosas não tradicionais, como a jerivá, visando à obtenção de óleos energéticos e industriais (Wandek, 1985). Desde então, têm crescido a pesquisa e a produção de frutas e sementes oleaginosas, tanto para indústria oleoquímica como para alimentícia, e mais recentemente, na aquicultura que tem utilizado cada vez mais os óleos obtidos de fontes naturais no desenvolvimento de algumas espécies de peixes (Freire *et al.*, 1996 e Martino & Takahashi, 2001).

Considerando o uso generalizado pela fauna, principalmente macacos e esquilos, por alguns desses frutos e, face à ausência de dados sobre o valor nutritivo dos mesmos, faz-se necessário e justificável este estudo. Sendo assim, determinou-se no presente trabalho a composição química, o perfil de ácidos graxos e a concentração dos principais elementos inorgânicos nas sementes dos frutos dessas palmeiras, visando seu possível uso como alimento e aproveitamento como fonte alternativa para as indústrias de óleo e agroquímica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos das quatro espécies estudadas foram coletados por técnicos do Instituto Florestal de São Paulo, nas Estações Experimentais de Mogi-Guaçu (areca-bambu), de Itirapina (das-canárias), de Taubaté (robelinea) e no Parque Estadual do Morro do Diabo, município de Teodoro Sampaio, SP (jerivá).

As sementes foram retiradas manualmente dos frutos com o auxílio de morsa e espátula e acondicionadas em frascos plásticos sob refrigeração ($T = 40^{\circ}\text{C}$ e $\text{UR} = 45\%$). A seguir, foram descascadas, trituradas e homogeneizadas em multiprocessador doméstico para as análises realizadas nos laboratórios de Fitoquímica do Instituto Florestal e da Seção de Óleos, Gorduras do Instituto Adolfo Lutz.

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 os carboidratos calculados 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 (Brasil, 1998a).

A determinação das fibras alimentares seguiu o método enzimático-gravimétrico da "Association of Official Analytical Chemists" (AOAC), modificado por Lee *et al.* (1992).

Para a análise dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, o óleo foi extraído a frio, segundo o método modificado de Stansby & Lemon (1937). A conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos foi realizada conforme os métodos descritos nas "Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz" (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

Os ésteres metílicos foram analisados em cromatógrafo a gás, marca Shimadzu, modelo GC-17A, com detetor de ionização de chama. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88, de 50 m, com diâmetro interno de 0,25 cm e espessura do filme de 0,20 μm . Foram utilizadas as seguintes condições de operação: temperatura programada da coluna, 80 a 220°C (5°/min); temperatura do injetor, 230°C; temperatura do detetor, 240°C; gás de arraste, hidrogênio; velocidade linear de 40 cm/s; razão de divisão da amostra 1:50. Os ácidos graxos foram identificados através da comparação dos tempos de retenção dos padrões puros de metil ésteres de ácidos graxos e das amostras. A quantificação foi feita por normalização de área.

Para a determinação dos elementos inorgânicos, solubilizou-se as amostras utilizando o procedimento descrito por Vallilo *et al.* (1990) modificado: tratou-se 1 g da amostra moída com 10 mL de HNO_3 concentrado p.a. Deixou-se em repouso por 48 horas. Em seguida, adicionou-se 1 mL H_2O_2 a 30% em volume e aquecimento em banho-maria até solubilização completa da amostra ou até a solução ficar clara. O solubilizado, depois de frio, foi filtrado em papel

quantitativo e recolhido em um balão volumétrico de 50 mL. O volume foi aferido com água destilada e desionizada. A solução foi acondicionada em frasco de polietileno e mantida sob refrigeração.

Os elementos químicos (K, Mg, Ca, P, Al, Cu, Zn, Ba, Cr, Mn e Se) foram identificados e quantificados nas amostras solubilizadas, pela técnica da espectrometria de emissão atômica acoplada ao plasma indutivamente (ICP-AES), no equipamento Perkin-Elmer 400, operando nas seguintes condições estabelecidas conforme recomendação do fabricante do equipamento: frequência de 40 MHz, pressão do gás argônio para o equipamento de 70-75 psig, pressão do gás argônio para o nebulizador de 3,0 psig (0,8 L/min) e velocidade de introdução da amostra de 1,0 mL/min. A leitura dos elementos foi feita nos seguintes comprimentos de onda (λ_s) em nm: $\lambda_K = 776,460$; $\lambda_{Mg} = 280,270$; $\lambda_{Ca} = 422,673$; $\lambda_P = 213,618$; $\lambda_{Al} = 396,152$; $\lambda_{Cu} = 324,744$; $\lambda_{Zn} = 213,855$; $\lambda_{Se} = 203,985$; $\lambda_{Mn} = 257,610$; $\lambda_{Ba} = 233,527$ e $\lambda_{Cr} = 284,325$ 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 $\mu\text{g/mL}$ de cada elemento constituinte, em HNO_3 a 1%, por diluição das soluções-estoque de concentração equivalente a 1000 $\mu\text{g/mL}$.

Todas as determinações foram feitas em triplicatas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal aproximada e os valores calóricos totais (V.C.T.) das sementes das espécies estudadas encontram-se descritas na TABELA 1.

TABELA 1 - Composição centesimal e valor calórico total (V.C.T.) das sementes das quatro espécies de palmeiras, expressa em % p/p de matéria crua e em kcal/100 g, respectivamente.

| Composição | PALMEIRAS | | | |
|----------------------|-------------|-----------|--------------|--------|
| | Areca-bambu | Robelínea | das-Canárias | Jerivá |
| Umidade | 38,78 | 21,17 | 11,46 | 10,96 |
| Resíduo mineral fixo | 1,02 | 1,49 | 1,28 | 1,62 |
| Lipídios | 1,95 | 2,11 | 6,20 | 56,07 |
| Proteínas (N x 6,25) | 4,96 | 5,01 | 6,48 | 9,30 |
| Fibras alimentares | 42,37 | 57,90 | 63,18 | 20,12 |
| Carboidratos totais* | 10,92 | 12,32 | 11,40 | 1,93 |
| V.C.T.** | 81 | 88 | 127 | 550 |

(*) Por diferença.

(**) Valor calórico total.

Todas as amostras apresentam baixos valores lipídicos com exceção da palmeira jerivá, mas, no entanto, com resultados para fibras alimentares que superam as recomendadas para o consumo diário aceitável (RDA) pela Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (20 g/dia) e "American Dietetic Association" (30 g/dia), conforme citações feitas por Garbelotti (2000).

Por sua vez, apesar do teor de fibras obtido para a palmeira jerivá ser inferior ao das demais, enquadra-se dentro a faixa recomendada pelas duas organizações citadas (20 a 30 g/dia) ao passo que o conteúdo em lipídios é o mais alto entre todas as espécies estudadas (56,07% p/p).

Com relação aos teores de proteínas, as palmeiras areca-bambu, robelinea e das-canárias se equivalem, sendo que esta última se destaca em relação às duas primeiras no que se refere ao teor de lipídios (6,20% p/p), o que lhe confere um maior valor calórico.

Dentre as espécies estudadas, a palmeira jerivá se apresenta como a mais energética de todas (550 Kcal/100 g). Isto se deve, principalmente, ao elevado teor de lipídios encontrado que, somado aos teores de proteína e fibras alimentares, a torna bastante promissora como fonte de nutrientes, favorecendo o seu aproveitamento na indústria alimentícia e/ou oleoquímica.

Sob o ponto de vista nutricional, a palmeira-das-canárias se apresenta como a mais balanceada em relação aos teores de lipídios, proteínas, fibras alimentares e carboidratos totais, o que a favorece como alimento.

A composição em ácidos graxos da fração oleosa dos óleos extraídos das sementes se encontra reunida na TABELA 2, onde se destaca a predominância em todas as amostras do ácido láurico (C12:0) dentre os ácidos graxos saturados e, do ácido oléico (C18:1), quanto aos insaturados, com exceção para a palmeira areca-bambu.

TABELA 2 - Composição em ácidos graxos dos óleos das sementes das quatro palmeiras, expressa em % p/p de ésteres metílicos e respectivos desvios padrão.

| PALMEIRAS | | | | |
|----------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Ácidos graxos | Areca-bambu | Robelinea | das-Canárias | Jerivá |
| Capróico (C6:0) | - | - | - | 0,5 ± 0,1 |
| Caprílico (C8:0) | 0,92 ± 0,06 | 0,33 ± 0,07 | 0,25 ± 0,05 | 9,0 ± 0,7 |
| Capríco (C10:0) | 1,09 ± 0,03 | 0,39 ± 0,05 | 0,33 ± 0,05 | 7,5 ± 0,1 |
| Láurico (C12:0) | 48,1 ± 0,8 | 21,8 ± 1,5 | 25 ± 2 | 44 ± 1 |
| Mirístico (C14:0) | 27,8 ± 0,2 | 8,60 ± 0,09 | 12 ± 0,3 | 10,3 ± 0,6 |
| Palmítico (C16:0) | 9,54 ± 0,23 | 18,55 ± 0,38 | 8,60 ± 0,28 | 6,00 ± 0,21 |
| Palmitoleico (C16:1) | 0,12 ± 0,01 | 0,49 ± 0,06 | - | - |
| Estearico (C18:0) | 1,62 ± 0,09 | 5,1 ± 0,2 | 1,9 ± 0,2 | 1,6 ± 0,1 |
| Oléico (C18:1) | 5,8 ± 0,3 | 26,3 ± 0,7 | 39 ± 2 | 18 ± 1 |
| Linoléico (C18:2) | 4,6 ± 0,1 | 16,5 ± 0,1 | 12,6 ± 0,4 | 3,4 ± 0,2 |
| Linolênico (C18:3) | 0,15 ± 0,01 | 1,03 ± 0,02 | - | - |
| Araquídico (C20:0) | - | - | 0,16 ± 0,02 | - |
| Eicosenóico (C20:1) | - | 0,15 ± 0,01 | 0,30 ± 0,03 | - |
| Behênico (C22:0) | - | 0,16 ± 0,01 | - | - |
| Lignocérico (C24:0) | 0,12 ± 0,01 | 0,17 ± 0,01 | - | - |
| AGS* | 89,15 | 55,15 | 48,24 | 78,9 |
| AGI** | 10,67 | 44,47 | 51,9 | 21,4 |

(*) Ácidos graxos saturados.

(**) Ácidos graxos insaturados.

Nas frações oleosas das palmeiras areca-bambu e jerivá predominam os ácidos graxos saturados, enquanto os óleos das demais espécies apresentam similaridade entre os ácidos saturados e insaturados (44 a 55% p/p).

O ácido láurico representa quase 50% da composição em ácidos graxos para o óleo extraído da semente da palmeira areca-bambu e 44% do óleo da palmeira jerivá. Esses óleos podem ser considerados como um “óleo láurico”, que tem como semelhança mais conhecida a do óleo de coco, muito usado em produtos comestíveis e não comestíveis (Lauric..., 1994). No caso do óleo da areca-bambu, essa semelhança fica mais acentuada quando comparada à faixa de valores citada pela Comissão do *Codex Alimentarius* (Codex Alimentarius Commission, 1993) para os ácidos palmítico C16:0 (7,5-10,0% p/p) e oléico C18:1 (5,0-10,0% p/p) do óleo de coco.

Quanto ao óleo da palmeira-das-canárias, deve-se ressaltar que os dois ácidos que são responsáveis pela sua elevada insaturação (oléico, C18:1 e linoléico, C18:2) se enquadram praticamente nas faixas de valores aplicadas pelos padrões de identidade adotados no Brasil e pela Comissão do *Codex Alimentarius* para os óleos de amendoim C18:1 (35,0-72,0% p/p); C18:2 (13,0-45,0% p/p) e de colza C18:1 (8,0-60,0% p/p); C18:2 (11,0-23,0% p/p) (Brasil, 1999; Codex Alimentarius Commission, 1993).

Por sua vez, o perfil de ácidos graxos do óleo da palmeira robelinea não se assemelha a qualquer um dos óleos vegetais conhecidos comercialmente, podendo ser uma nova opção a ser estudada. No entanto, apresenta dentre todas as amostras avaliadas, um maior conteúdo dos ácidos linoléico (16,45% p/p) e linolênico (1,03% p/p), considerados ácidos graxo essenciais. Ressalta-se que estes ácidos são os mais importantes dentre os essenciais, os quais, ao contrário dos outros ácidos graxos, não são produzidos pelo metabolismo animal, devendo ser obtidos de alimentos (Turatti, 2000).

Do ponto de vista botânico, o perfil de ácidos graxos poderia ser usado como parâmetro para diferenciar espécies do mesmo gênero. Este critério pode ser aplicado na diferenciação das palmeiras robelinea, das-canárias e jerivá através dos valores obtidos para os ácidos palmítico, esteárico e oléico dos óleos extraídos de suas sementes.

Em relação a gêneros diferentes (*Dypsis* e *Syagrus*), os parâmetros mais significativos de diferenciação são os ácidos caprílico (C8:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e oléico (C18:1).

Em relação aos nutrientes minerais verifica-se pela TABELA 3, a presença de quatro dos macrominerais (Ca; Mg; P e K) dos seis considerados essenciais para o metabolismo humano.

TABELA 3 - Teores dos elementos inorgânicos nas sementes de quatro palmeiras, respectivos desvios padrões, expressos em mg/100 g de matéria crua*.

| PALMEIRAS | | | | | |
|-----------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| Elementos | Areca-bambu | Robelinea | das-Canárias | Jerivá | I.D.R.** (mg/dia) |
| Ba | - | 5,98 ± 0,02 | 5,98 ± 0,03 | - | - |
| Mn | - | 4,48 ± 0,02 | 5,32 ± 0,30 | 15,80 ± 0,80 | 2,5 - 5,0 |
| Mg | 54,50 ± 1,00 | 103,97 ± 1,80 | 85,90 ± 8,60 | 149,87 ± 3,96 | 300 |
| Ca | 58,83 ± 2,50 | 65,44 ± 1,90 | 60,96 ± 1,30 | 51,85 ± 0,48 | 800 |
| K | - | 270,38 ± 5,50 | 150,60 ± 3,60 | - | 3.500 |
| P | 64,46 ± 0,55 | 89,52 ± 3,20 | 59,43 ± 6,10 | 183,60 ± 5,10 | 550 |
| Al | 15,00 ± 1,73 | 8,84 ± 0,74 | 43,70 ± 0,80 | 14,21 ± 2,54 | - |
| Zn | 1,50 ± 0,01 | 2,50 ± 0,01 | 1,00 ± 0,05 | 1,83 ± 0,30 | 15 |
| Cr | - | 1,00 ± 0,04 | 1,00 ± 0,04 | - | 50-150*** |
| Cu | 0,50 ± 0,01 | 1,50 ± 0,05 | 1,00 ± 0,05 | 1,50 ± 0,02 | 1,2 |
| Se | 0,50 ± 0,01 | 1,70 ± 0,30 | 1,00 ± 0,05 | 1,36 ± 0,23 | 50-100*** |

(*) Média de três repetições e respectivo desvio padrão.

(**) Ingestão diária recomendada para adultos (Shimma, 1995).

(***) µg/dia.

Dentre eles, o K exibiu maior conteúdo para as palmeiras robelinea e das-canárias, não sendo detectado para as amostras da areca-bambu e jerivá, seguido de Mg que variou entre 54,50 e 149,87 mg/100 g e do elemento P de 59,43 a 183,60 mg/100 g.

Por sua vez, três dos micronutrientes: cobre (Cu); selênio (Se) e zinco (Zn), desempenham importante papel na fisiologia vegetal e humana, sendo o Cu permitido pela legislação brasileira de alimentos (Brasil, 1998a, b), com teor máximo de 10 mg/kg em sementes, frutas e hortaliças. Dessa maneira, verifica-se que os valores encontrados para as palmeiras areca-bambu e jerivá estão acima dos valores permitidos por essa legislação (15,0 mg/kg) e para a ingestão diária recomendada (IDR) para consumo de adultos (1,2 mg/dia). Outro fator importante com relação a esse elemento, é o que foi reportado por Karleskind *apud* Ferrari (2001), sobre o efeito do Cu que, mesmo em quantidades pequenas, atua como catalisador de reações oxidativas na fração lipídica. Esse processo geralmente altera as características físico-químicas do óleo. Por outro lado, apesar do cobre ser considerado um elemento essencial ao metabolismo humano, as concentrações elevadas do metal têm sido associadas a diversos distúrbios, principalmente a patologia depressiva do sistema nervoso central (Lelis *et al.*, 2000).

Quanto ao selênio, dados da literatura enfatizam a importância desse elemento como micronutriente essencial na dieta alimentar, visto que junto com a vitamina E, atua como potente antioxidante, evitando a formação de radicais livres considerados precursores do envelhecimento celular (Shimma, 1995). Os teores encontrados nesse estudo estão de 10 a 30 vezes superiores aos valores mínimos (0,05 mg) recomendados pela ingestão diária (TABELA 3), mostrando que as sementes dessas palmeiras são fontes potenciais de selênio na natureza.

Os elementos Ba, K, Cr não foram detectados nas amostras das palmeiras areca-bambu e jerivá. O conteúdo desses elementos e dos demais, depende do solo onde esses vegetais foram cultivados e dos processos fisiológicos de cada espécie vegetal, o que, de certa maneira, justifica a ausência e/ou variação das concentrações dos mesmos para as amostras estudadas.

4 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- as sementes das espécies estudadas constituem-se uma fonte razoável de proteínas e significativa de fibras alimentares e de selênio. Apresentam, no entanto, baixos valores de lipídios à exceção da palmeira jerivá, o que lhe confere um maior valor calórico;
- o perfil de ácidos graxos dos óleos extraídos mostrou a predominância dos ácidos láurico (areca-bambu), oléico (das-canárias) e do linoléico, ácido graxo essencial, na palmeira robelinea;
- a composição em ácidos graxos dos óleos da areca-bambu e jerivá se assemelha à do óleo de coco, ao passo que os teores dos ácidos oléico e linoléico (robelinea e das-canárias) se enquadram nas faixas de valores aplicadas para o óleo de amendoim;
- valores razoáveis dos minerais Ca, Se, P e Mg contribuem para a importância nutricional dessas sementes;
- os elevados níveis de cobre encontrados nas sementes das palmeiras robelinea e jerivá mostram uma possível toxicidade se ingeridas "in natura" como alimento e contaminação antrópica dos locais de coleta, e
- do ponto de vista nutricional, a palmeira das-canárias se mostrou a mais balanceada entre todas, enquanto a palmeira jerivá se mostrou como potencial fonte produtora de óleo.

5 AGRADECIMENTOS

À Seção de Silvicultura - Setor de Sementes do Instituto Florestal de São Paulo, pelo fornecimento das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALACHANDRAN, C.; ARUMUGHAN, C.; MATHEW, A. G. Distribution of major chemical constituents and fatty acids in different regions of coconut endosperm. *JAACS*, Champaign, v. 62, n. 11, p. 1583-6, 1985.

BRASIL. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998. Adota os valores constante das tabelas do anexo desta portaria como níveis de IDR (Ingestão Diária Recomendado) para as vitaminas, minerais e proteínas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 mar. 1998a. Seção I, p. 5-6.

_____. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 set. 1998b. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/portaria685_98.htm. Acesso em: 29 mai. 2001.

_____. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. Aprova o regulamento técnico referente a óleos e gorduras vegetais, constante de anexo desta resolução. (Anexo 2: Óleo de amendoim). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 out. 1999. Seção I, p. 82-87.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Fats, oils and related products**. 2. ed. Rome: FAO/WHO, 1993. v. 8, p. 13, 25, 57.

FERRARI, R. A. Componentes minoritários de óleos vegetais. **Óleos & Grãos**, São Bernardo do Campo, n. 58, p. 20-28, 2001.

FREIRE, R. M. M.; SANTOS, R. C. dos; BELTRÃO, N. E. de M. Qualidade nutricional e industrial de algumas oleaginosas herbáceas cultivadas no Brasil. **Óleos & Grãos**, São Bernardo do Campo, n. 28, p. 49-52, 1996.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1, p. 21-24, 266.

JTWeb. Marginais vão ser arborizadas com espécies nativas. **Jornal da Tarde**, São Paulo, 04 nov. 1999. Disponível em: <http://www.jt.estadao.com.br/noticias/99/11/04/ge25.htm> (editorial). Acesso em: 26/07/2001.

LAURIC oils sources: some old, some new. **INFORM**, Champaign, v. 5, n. 2, p. 144-9, 1994.

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

LELIS, K. L. A. *et al.* Determinação direta de Cu e Cr em urina por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite empregando rutênio como modificador químico permanente. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS, VII e SIMPÓSIO SOBRE ESSENCIALIDADE DE ELEMENTOS NA NUTRIÇÃO HUMANA, II, 2000, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas: ITAL, 2000. p. 115-117. (Resumo Expandido).

LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. p. 215, 249, 252.

MARTINO, R.; TAKAHASHI, N. S. A importância da adição de lipídios em rações para a aqüicultura. **Óleos & Grãos**, São Bernardo do Campo, n. 58, p. 32-37, 2001.

McCURRACH, J. C. **Palms of the world**. Stuart: Horticulture Book, 1980. p. 161.

SHIMMA, E. Nutrição - nosso corpo mineral. **Globo Ciência**, Rio de Janeiro, n. 52, p. 32-38, 1995.

STANSBY, M. E.; LEMON, J. M. Quantitative determination of oil in fish flesh. **Ind. Eng. Chem.**, Easton, v. 9, n. 7, p. 341-343, 1937.

TAVARES, M. *et al.* Estudo da composição centesimal e do valor calórico da polpa de coco-anão-verde em diferentes estágios de maturação. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, II, 1997, Campinas. **Livro de resumos...** Campinas: UNICAMP, 1997. p. 57[104].

TURATTI, J. M. Óleos vegetais como fonte de alimentos funcionais. **Óleos & Grãos**, São Bernardo do Campo, n. 56, p. 20-27, 2000.

VALLILO, M. I. *et al.* Composição química e o perfil de ácidos graxos das sementes de quatro espécies de palmeiras cultivadas no Estado de São Paulo.

VALLILO, M.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) - Caracterização do óleo da semente. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 115-125, 1990.

WANDECK, F. A. **Oleaginosas nativas** - aproveitamento para fins energéticos e industriais. São Paulo: Gessy Lever, 1985. p. 25-27. (Estudos Gessy Lever, Série Brasileira).

ANÁLISE ECONÔMICA DO PLANTIO DO PAU-MARFIM (*Balfourodendron riedelianum* Engler)*

José Arimatéia Rabelo MACHADO**

RESUMO

Este trabalho analisa a viabilidade econômica do plantio do pau-marfim - *Balfourodendron riedelianum* Engler - para fins de exploração da madeira. Para tanto, são consideradas 4 alternativas de projetos: a compra das mudas e da terra por parte do fazendeiro; a compra das mudas e o arrendamento da terra por parte do fazendeiro; a doação das mudas por parte do governo e a compra da terra por parte do fazendeiro; e, a doação de mudas por parte do governo e o arrendamento por parte do fazendeiro. O método de avaliação econômica de projetos utilizado é a Relação Benefício-Custo. Os projetos são analisados sob condições deterministas e considerando-se taxas de desconto variando ponto a ponto percentual de 6% a 20% ao ano. Para taxas de desconto menores do que 9% e maiores do que 11% ao ano, todos os projetos são, respectivamente, viáveis e inviáveis economicamente. Entre estes dois valores, a viabilidade econômica depende do tipo de projeto. Das alternativas apresentadas, duas soluções melhoraram as estimativas: a doação de mudas pelo governo e o arrendamento da terra pelo fazendeiro. Como estes projetos são baseados em experimentos, preconiza-se a continuidade das pesquisas considerando-se plantios de maior escala e outras alternativas para a melhoria da atratividade deste tipo de investimento.

Palavras-chave: *Balfourodendron riedelianum*; análise econômica; floresta nativa.

1 INTRODUÇÃO

O pau-marfim - *Balfourodendron riedelianum* Engler - é uma árvore caducifolia, com até 35 metros de altura e até 1,0 metro de diâmetro. No Brasil ocorre naturalmente entre as latitudes 10°50'S (Estado da Bahia) e 29°40'S (Estado do Rio Grande do Sul), na floresta latifoliada da bacia do Paraná e Alto Uruguai. Esta essência nativa brasileira possui uma madeira cujas características

ABSTRACT

The objective of the present paper was to analyze the economic or financial viability of plantation with *Balfourodendron riedelianum* Engler for log production. The current analysis considered 4 alternatives: the purchase of seedlings and of land by the farmer; the purchase of seedlings and the lease of land by the farmer; the donation of seedlings by the government and the purchase of land by the farmer; and, the donation of seedlings by the government and the lease by the farmer. The used method was benefit cost analysis (BCA). The analysis was deterministic and used different discount rates varying from 6% to 20% per year. For interest rates smaller than 9% and larger than 11% per year, all the projects were, respectively, viable and unviable economically. Between these two values, the economic viability depends on the project type. From the presented alternatives, two solutions improved the estimates: the donation of seedlings by the government and the lease of land by the farmer. Other experiments should be performed to observe the effects of larger scales.

Key words: *Balfourodendron riedelianum*; economic analysis; native forest.

permitem recomendá-la para o fabrico de móveis de luxo, dentre várias outras aplicações. Devido à grande semelhança de sua madeira com a madeira de *Betula verrucosa* (da Escandinávia) e *Acer* spp (dos Estados Unidos), é utilizada como substituta dessas em vários usos. No entanto, deve-se ter alguns cuidados especiais; logo após o corte, a madeira deve ser descascada, serrada e estaleirada, pois é muito susceptível ao ataque de fungos que a depreciam (Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994).

(*) Trabalho apresentado ao FOREST 2000, realizado em Porto Seguro, BA, no período de 23 a 26 de outubro de 2000, e aceito para publicação em outubro de 2001.

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

Para Carvalho (1994), o pau-marfim é uma espécie madeireira potencial porque possui os mesmos atributos das espécies madeiras promissoras, ou seja: valor econômico comprovado, com produção de madeira valiosa; desempenho silvicultural aceitável, e aptidão para programas de regeneração natural. Porém, apresenta menos informações em plantios experimentais ou de comprovação do que as espécies promissoras*. Dentre os trabalhos publicados sobre o plantio de essências nativas destaca-se o de Gurgel Filho *et al.* (1978); neste, o pau-marfim é uma das três espécies florestais com melhor desempenho para o reflorestamento comercial, dentre as nove espécies estudadas. Posteriormente, Gurgel Filho *et al.* (1982) analisaram o crescimento em altura e diâmetro do pau-marfim, para os anos subsequentes ao trabalho anterior. Este é o experimento com maior período de observação e maior produtividade volumétrica obtida em plantio, 12 m³/ha.ano (Carvalho, 1994).

O objetivo deste trabalho é analisar a relação benefício/custo do plantio do pau-marfim para fins de produção de toras. Este tipo de trabalho pode ser plenamente justificado quando se observa a falta de pesquisas publicadas sobre a análise econômica de projetos desta natureza. Pretende-se com este estudo oferecer ao investidor um indicador econômico mais consistente do que o utilizado até o momento (madeira valiosa). Assim, a tomada de decisão, do ponto de vista privado, sobre a viabilidade econômica deste tipo de investimento, torna-se mais consistente.

2 MATERIAL E MÉTODO

A análise benefício/custo do plantio do pau-marfim é realizada a partir da recuperação de informações técnicas dos projetos e da elaboração de planilhas de fluxo de caixa, isto é, estimativas de entradas (receitas) e saídas (despesas) dos recursos monetários ao longo do tempo, gerando fluxos líquidos a cada ano. A análise é feita em condições deterministas**, ou seja, pressupondo-se certeza quanto aos valores associados aos fluxos de caixa dos projetos de investimento.

Para efeito da atual análise são consideradas quatro alternativas para a composição do fluxo de caixa: a compra das mudas e da terra por parte do fazendeiro (projeto 1); a compra das mudas e o arrendamento da terra por parte do fazendeiro (projeto 2); a doação de mudas por parte do governo e a compra da terra por parte do fazendeiro (projeto 3), e a doação de mudas por parte do governo e o arrendamento da terra por parte do fazendeiro (projeto 4).

O método utilizado é a relação benefício/custo (RBC). Segundo Azevedo Filho (1995), o indicador RBC é muito utilizado e de interpretação relativamente mais fácil em comparação a outros indicadores. A RBC é obtida da seguinte forma:

$$RBC = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{Bi}{(1+j)^i} \right]}{\sum_{i=0}^n \left[\frac{Ci}{(1+j)^i} \right]}$$

Onde Bi e Ci são, respectivamente, o benefício e o custo do projeto em unidades monetárias no ano i ; j é a taxa de juro correspondente ao custo de oportunidade do capital.

(*) Segundo Carvalho (1994) as espécies promissoras são as seguintes: *Araucaria angustifolia*, *Cariniana estrellensis*, *Cariniana legalis*, *Centrolobium robustum*, *Centrolobium tomentosum*, *Cordia trichotoma*, *Dalbergia nigra*, *Didymopanax morototoni*, *Johannesia princeps*, *Peltophorum dubium*, *Talauma ovata* e *Zeyheria tuberculosa*.

(**) Informações detalhadas estão contidas em Azevedo Filho (1988a, b).

A seleção de projetos baseada nesse método se dá pela comparação do valor obtido com a unidade, ou seja, o projeto é descartado se a RBC for menor do que uma unidade. Apesar das suas qualidades, para se obter a RBC é necessário a fixação, em geral de forma arbitrária, de um custo de oportunidade para ser utilizado como taxa de desconto dos fluxos de benefícios e custos. A fim de se minimizar esta fixação arbitrária, optou-se pela escolha de várias taxas de desconto variando ponto a ponto percentual de 6% a 20% ao ano. Assim, esta faixa estaria refletindo as opções do mercado para investimentos conservadores e de longo prazo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de caixa dos projetos de plantio do pau-marfim revelaram mais de uma mudança de sinal no fluxo líquido. Segundo Faro (1972) estes projetos seriam classificados como não-convencionais, logo, o cálculo da estimativa do indicador de rentabilidade deve ser feito com cautela. No caso do indicador utilizado neste trabalho - relação benefício/custo - esta característica não é tão importante quanto no caso da estimativa da Taxa Interna de Retorno (TIR). Neste caso, Bussey (1978) recomenda analisar se o projeto é puro ou misto para a detecção de múltiplas TIR's. Os fluxos de caixa dos projetos analisados encontram-se nas TABELAS 1, 2, 3 e 4.

TABELA 1 - Fluxo de caixa do projeto de plantio de 1 hectare de pau-marfim com a compra das mudas e da terra por parte do fazendeiro - valores expressos em reais (R\$) de março de 1999 - Projeto M1.

| Ano | Benefícios | Custos | Fluxo Líquido |
|-----|------------|---------|---------------|
| 0 | 0,00 | 2671,18 | -2671,18 |
| 1 | 0,00 | 161,32 | -161,32 |
| 2 | 0,00 | 66,31 | -66,31 |
| 3 | 0,00 | 66,31 | -66,31 |
| 4 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 5 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 6 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 7 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 8 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 9 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 10 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 11 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 12 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 13 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 14 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 15 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 16 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 17 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 18 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 19 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 20 | 667,80 | 18,63 | 649,17 |
| 21 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 22 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 23 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 24 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 25 | 22624,94 | 18,63 | 22606,31 |

Fonte: APÊNDICE 1 (item 1).

TABELA 2 - Fluxo de caixa do projeto de plantio de 1 hectare de pau-marfim com a compra das mudas e o arrendamento da terra por parte do fazendeiro - valores expressos em reais (R\$) de março de 1999 - Projeto M2.

| Ano | Benefícios | Custos | Fluxo Líquido |
|-----|------------|---------|---------------|
| 0 | 0,00 | 1018,29 | -1018,29 |
| 1 | 0,00 | 268,76 | -268,76 |
| 2 | 0,00 | 173,75 | -173,75 |
| 3 | 0,00 | 173,75 | -173,75 |
| 4 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 5 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 6 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 7 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 8 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 9 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 10 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 11 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 12 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 13 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 14 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 15 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 16 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 17 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 18 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 19 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 20 | 667,80 | 126,07 | 541,73 |
| 21 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 22 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 23 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 24 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 25 | 20972,05 | 126,07 | 20845,98 |

Fonte: APÊNDICE 1 (item 2).

TABELA 3 - Fluxo de caixa do projeto de plantio de 1 hectare de pau-marfim com a doação de mudas por parte do governo e a compra da terra por parte do fazendeiro - valores expressos em reais (R\$) de março de 1999 - Projeto M3.

| Ano | Benefícios | Custos | Fluxo Líquido |
|-----|------------|---------|---------------|
| 0 | 0,00 | 1951,43 | -1951,43 |
| 1 | 0,00 | 161,32 | -161,32 |
| 2 | 0,00 | 66,31 | -66,31 |
| 3 | 0,00 | 66,31 | -66,31 |
| 4 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 5 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 6 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 7 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 8 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 9 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 10 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 11 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 12 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 13 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 14 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 15 | 63,21 | 18,63 | 44,58 |
| 16 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 17 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 18 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 19 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 20 | 667,80 | 18,63 | 649,17 |
| 21 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 22 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 23 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 24 | 0,00 | 18,63 | -18,63 |
| 25 | 22624,94 | 18,63 | 22606,31 |

Fonte: APÊNDICE 1 (item 3).

TABELA 4 - Fluxo de caixa do projeto de plantio de 1 hectare de pau-marfim com a doação de mudas por parte do governo e o arrendamento da terra por parte do fazendeiro - valores expressos em reais (R\$) de março de 1999 - Projeto M4.

| Ano | Benefícios | Custos | Fluxo Líquido |
|-----|------------|--------|---------------|
| 0 | 0,00 | 298,54 | -298,54 |
| 1 | 0,00 | 268,76 | -268,76 |
| 2 | 0,00 | 173,75 | -173,75 |
| 3 | 0,00 | 173,75 | -173,75 |
| 4 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 5 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 6 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 7 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 8 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 9 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 10 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 11 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 12 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 13 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 14 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 15 | 63,21 | 126,07 | -62,86 |
| 16 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 17 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 18 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 19 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 20 | 667,80 | 126,07 | 541,73 |
| 21 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 22 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 23 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 24 | 0,00 | 126,07 | -126,07 |
| 25 | 20972,05 | 126,07 | 20845,98 |

Fonte: APÊNDICE 1 (item 4).

As estimativas da rentabilidade dos projetos de plantio do pau-marfim estão contidas na TABELA 5. Os projetos com valores menores ou iguais a unidade são considerados inviáveis economicamente. Analisando-se os resultados obtidos é possível constatar a sensibilidade da RBC à mudança na taxa de juros tanto na seleção quanto na ordenação dos projetos.

Para taxas de juros menores do que 9% e maiores do que 11% ao ano, todos os projetos são, respectivamente, viáveis e inviáveis economicamente. Entre estes dois valores a viabilidade econômica depende do tipo de projeto. Quanto à ordenação, o projeto 4 é preferível ao 3; o 3 ao 2, e o 2 ao 1, para taxas de juros menores do que 13% ao ano.

Neste patamar, os projetos 3 e 2 têm a mesma preferência e, acima de 13%, a ordem de preferência entre os projetos 3 e 2 é invertida.

Quando se analisa a opção comprar a terra ou arrendá-la - mantendo fixa uma das opções compra ou doação de mudas - os projetos cuja terra foi arrendada apresentaram melhores estimativas. Além disso, a doação de mudas por parte do governo teve um impacto muito positivo na melhoria da atratividade dos projetos já que estes passaram a ser viáveis economicamente para custos de oportunidade do capital de 1 a 2 pontos percentuais maiores em relação aos respectivos projetos nos quais se considerava a compra das mudas por parte do fazendeiro.

TABELA 5 - Relações Benefício/Custo (RBC) dos projetos de reflorestamento de 1 hectare de pau-marfim considerando taxas de desconto variando entre 6% e 20% ao ano - situação em março de 1999.

| Taxa de desconto (%) | Projetos | | | |
|----------------------|----------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6 | 1,79 | 1,83 | 2,32 | 2,45 |
| 7 | 1,43 | 1,53 | 1,86 | 2,09 |
| 8 | 1,15 | 1,28 | 1,50 | 1,78 |
| 9 | 0,92 | 1,07 | 1,20 | 1,51 |
| 10 | 0,74 | 0,89 | 0,97 | 1,28 |
| 11 | 0,60 | 0,74 | 0,78 | 1,08 |
| 12 | 0,48 | 0,62 | 0,63 | 0,91 |
| 13 | 0,39 | 0,51 | 0,51 | 0,77 |
| 14 | 0,32 | 0,43 | 0,42 | 0,65 |
| 15 | 0,26 | 0,35 | 0,34 | 0,55 |
| 16 | 0,21 | 0,29 | 0,28 | 0,46 |
| 17 | 0,17 | 0,25 | 0,23 | 0,39 |
| 18 | 0,14 | 0,20 | 0,18 | 0,33 |
| 19 | 0,11 | 0,17 | 0,15 | 0,28 |
| 20 | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,24 |

Fonte: valores calculados a partir dos dados de pesquisa.

4 CONCLUSÕES

O plantio do pau-marfim é viável economicamente para taxas de juros menores do que 9% ao ano. Acima disto, deve-se estudar soluções alternativas para a melhoria do indicador RBC. Neste trabalho, duas soluções melhoraram as estimativas: a doação de mudas pelo governo ao invés da compra destas pelo fazendeiro e o arrendamento da terra pelo fazendeiro ao invés da compra desta.

Deve-se ressaltar que os projetos foram baseados em experimentos. Assim, plantios comerciais de maior escala necessitarão da continuidade das pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO FILHO, A. J. B. V. **Análise econômica de projetos: "software" para situações deterministas e de risco envolvendo simulação.** 1988a. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- _____. **DETERPRJ - Sistema para análise econômica de projetos em condições deterministas:** manual do usuário. Piracicaba: USP/PCP/CIAGRI - Centro de Informática na Agricultura, 1988b. 89 p.
- _____. **Elementos de matemática financeira e análise de projetos de investimento.** Piracicaba: DESR/ESALQ, 1995. 92 p. (Série Didática, 109).
- BUSSEY, L. E. **The economic analysis of industrial projects.** Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978. 491 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.
- FARO, C. **Engenharia econômica: elementos.** São Paulo: APEC, 1972. 338 p.
- GURGEL FILHO, O. do A.; GARRIDO, L. M. do A. G.; NETTO, S. M. R. Características silviculturais e biométricas do crescimento de algumas essências da zona temperada. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBS, 1978. (Silvicultura, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 60-81, 1978, Edição especial).
- GURGEL FILHO, O. do A.; MORAES, J. L. de; GARRIDO, L. M. do A. G. Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais: VI - pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum* Eng.). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 867-871. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 2, 1982, Edição especial).
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992. 220 p.

APÊNDICE 1

INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE OS BENEFÍCIOS E CUSTOS DO REFLORESTAMENTO COM PAU-MARFIM (*Balfourodendron riedelianum*)

♦ Quantidades e preços dos produtos e subprodutos da exploração florestal

Os dados de produção do pau-marfim, utilizados para os projetos M1, M2, M3 e M4, são baseados nos resultados obtidos do Projeto 16/54-SR, instalado na Estação Experimental de Santa Rita do Passa Quatro, do Instituto Florestal, sob espaçamento 2,0 x 2,0 metros, em 1954. Segundo Gurgel Filho *et al.* (1978), nas condições do experimento, o incremento volumétrico anual é de 11,601 metros cúbicos por hectare (m³/ha). No 20º ano foi realizado o 5º desbaste do qual se obteve 33,391 m³ de madeira por hectare. Conforme os históricos dos experimentos, os desbastes anteriores ocorreram no 12º, 13º, 14º e 15º anos, respectivamente. O volume de madeira desses anos é calculado assim:

$$V_i = (VT_{20} - VP_{20})/4 = (11,601 \times 20 - 147,727)/4 = 21,07325$$

Onde:

V_i = volume anual desbastado no ano i , onde $i = 12, 13, 14$ ou 15 ;

VT_{20} = volume total aos 20 anos, sem desbaste, em m³/ha;

VP_{20} = volume presente aos 20 anos, após 4 desbastes, em m³/ha, e

VD_{20} = volume desbastado aos 20 anos, em m³/ha.

O volume previsto para o 25º ano é calculado assim:

$$V_{25} = VP_{20} - VD_{20} + 5 \times IVA = 114,336 + 5 \times 11,601 = 172,341$$

Onde:

V_{25} = volume esperado para o 25º ano, em m³/ha;

VD_{20} = volume desbastado no 20º ano, em m³/ha, e

IVA = incremento volumétrico anual, em m³/ha.

Os preços dos subprodutos (lenha, repique e moirão) foram levantados junto às serrarias da região, em março de 1999. A lenha foi cotada a R\$ 3,00/m³ e a madeira para repique e moirão foi cotada a R\$ 20,00/m³. O preço do principal produto do reflorestamento - as toras para o desdobro mecânico - foi obtido da seguinte forma:

- distância do município de Sinop-MT a Santa Rita do Passa Quatro-SP: $A = 1861$ km*;
- frete rodoviário para transporte da madeira (toretes): $B = \text{R\$ } 0,0437/\text{t.km}^{**}$. Frete relativo ao percurso de 410 km entre Itararé (SP) e Suzano (SP);
- densidade da madeira do pau-marfim: $C = 0,84\text{g/cm}^3$ (Lorenzi, 1992);
- cálculo do frete de 1 m³ de toras de pau-marfim de Sinop-MT a Santa Rita do Passa Quatro: $D = A \times B \times C = 1861 \text{ km} \times \text{R\$ } 0,0437/\text{t.km} \times 0,84 \text{ t/m}^3 = \text{R\$ } 68,31/\text{m}^3$;
- cálculo do preço médio da madeira em tora na serraria, na região Norte, em janeiro*** de 1999:
Espécie: jatobá → US\$ 45,00/m³ e ipê → US\$ 68,00/m³;
Preço Médio: $E = \text{US\$ } 56,50/\text{m}^3$ ou $\text{R\$ } 68,38/\text{m}^3$ ($\text{US\$ } 1,00 = \text{R\$ } 1,2103$);
- cálculo do preço da madeira em tora na serraria em Santa Rita do Passa Quatro:
 $F = D + E = \text{R\$ } 68,38/\text{m}^3 + \text{R\$ } 68,31/\text{m}^3 = \text{R\$ } 136,69/\text{m}^3$;

(*) Fonte: GUIA Quatro Rodas Brasil 99. São Paulo: Editora Abril, 1999. 600 p.

(**) Fonte: INFORME SIFRECA, Piracicaba, ano 3, n. 23, mar. 1999.

(***) Optou-se por trabalhar com o preço em reais de janeiro de 1999 pelo fato de haver indícios do mesmo ter se mantido até abril de 1999. (Fonte: Disponível em: <http://www.ilito.jp.or>. Acesso em: 10 jan. 1999).

g) custo da exploração de madeira em toras:

Segundo empresas da região, o custo do corte e transporte da madeira do campo até a serraria, em março de 1999 era de R\$ 15,00/m³, e

h) cálculo do preço da madeira em pé na região de Santa Rita do Passa Quatro:

$$H = F - G = \text{R\$ } 136,69 - \text{R\$ } 15,00 = \text{R\$ } 121,69.$$

1 PROJETO 1 - PLANTIO DO PAU-MARFIM COM A COMPRA DAS MUDAS E DA TERRA POR PARTE DO FAZENDEIRO

1.1 Benefícios

1.1.1 Receita da venda da terra no final do projeto

O preço praticado na região para o tipo de solo utilizado no experimento foi cotado a R\$ 1.652,89 por hectare, segundo levantamento feito por técnicos da Estação Experimental de Santa Rita do Passa Quatro, do Instituto Florestal, em março de 1999.

1.1.2 Receitas das vendas dos subprodutos e produtos da exploração florestal

TABELA 6 - Receitas das vendas dos subprodutos e produtos da exploração florestal de 1 ha de pau-marfim.

| Idade (anos) | Volume Retirado (m ³ /ha) | Preço Unitário (R\$/m ³) | Receita Total (R\$) |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 12 | 21,07 | 3,00 | 63,21 |
| 13 | 21,07 | 3,00 | 63,21 |
| 14 | 21,07 | 3,00 | 63,21 |
| 15 | 21,07 | 3,00 | 63,21 |
| 20 | 33,39 | 20,00 | 667,80 |
| 25 | 172,34 | 121,69 | 20972,05 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); dados de pesquisa, e valores calculados pelo autor.

1.2 Custos

1.2.1 Investimento inicial (ano 0)

1.2.1.1 Compra da terra: idem ao item 1.1.1

1.2.1.2 Custo de implantação

TABELA 7 - Custo de implantação de 1 hectare de pau-marfim com aquisição das mudas.

| Item | Unidade | Quantidade | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--------------|---------|------------|----------------------|-------------------|
| 1. Operações | | | | |
| Aração | Horas | 2,5 | 8,45 | 21,13 |
| Gradeação | Horas | 2,5 | 8,45 | 21,13 |
| Balizamento | Horas | 52,0 | 1,49 | 77,48 |
| Coveamento | Horas | 60,0 | 1,49 | 89,40 |
| Plantio | Horas | 60,0 | 1,49 | 89,40 |
| 2. Materiais | | | | |
| Mudas | Mil | 2,5 | 287,90 | 719,75 |
| TOTAL | | | | 1018,29 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); Instituto Florestal, e dados de pesquisa.

1.2.2 Custos anuais de manutenção

TABELA 8 - Custo de manutenção no 1º ano de 1 ha plantado com pau-marfim.

| Item | Unidade | Quantidade | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--------------------|---------|------------|----------------------|-------------------|
| 1. Operações | | | | |
| Trilhação | Horas | 24,0 | 1,49 | 35,76 |
| Limpeza de aceiros | Horas | 1,0 | 8,45 | 8,45 |
| Combate à formiga | Horas | 19,0 | 1,49 | 28,31 |
| 2. Materiais | | | | |
| Formicida em pó | Kg | 3,5 | 4,80 | 16,80 |
| Isca Granulada | Kg | 10,0 | 7,20 | 72,00 |
| TOTAL | | | | 161,32 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); Instituto Florestal, e dados de pesquisa.

TABELA 9 - Custo anual de manutenção do 2º ao 3º ano de 1 ha plantado com pau-marfim.

| Item | Unidade | Quantidade | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--------------------|---------|------------|----------------------|-------------------|
| 1. Operações | | | | |
| Trilhação | Horas | 32,0 | 1,49 | 47,68 |
| Limpeza de aceiros | Horas | 1,0 | 8,45 | 8,45 |
| Combate à formiga | Horas | 2,0 | 1,49 | 2,98 |
| 2. Materiais | | | | |
| Isca Granulada | Kg | 1,0 | 7,20 | 7,20 |
| TOTAL | | | | 66,31 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); Instituto Florestal, e dados de pesquisa.

TABELA 10 - Custo anual de manutenção do 4º ao 25º ano de 1 ha plantado com pau-marfim.

| Item | Unidade | Quantidade | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--------------------|---------|------------|----------------------|-------------------|
| 1. Operações | | | | |
| Limpeza de aceiros | Horas | 1,0 | 8,45 | 8,45 |
| Combate à formiga | Horas | 2,0 | 1,49 | 2,98 |
| 2. Materiais | | | | |
| Isca Granulada | Kg | 1,0 | 7,20 | 7,20 |
| TOTAL | | | | 18,63 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); Instituto Florestal, e dados de pesquisa.

2 PROJETO 2 - PLANTIO DO PAU-MARFIM COM A COMPRA DAS MUDAS E O ARRENDAMENTO DA TERRA POR PARTE DO FAZENDEIRO

2.1 Benefícios

Idem ao item 1.1.2

2.2 Custos

2.2.1 Investimento inicial (ano 0)

Idem ao item 1.2.1.2

2.2.2 Custo de manutenção anual

Idem ao item 1.2.2

2.2.3 Arrendamento anual da terra

R\$ 107,44/ha.ano

3 PROJETO 3 - PLANTIO DO PAU-MARFIM COM A DOAÇÃO DAS MUDAS POR PARTE DO GOVERNO E A COMPRA DA TERRA POR PARTE DO FAZENDEIRO

3.1 Benefícios

Idem ao item 1.1

3.2 Custos

3.2.1 Investimento inicial (ano 0)

3.2.1.1 Compra da terra

Idem ao item 1.2.1.1

3.2.1.2 Custo de implantação

TABELA 11 - Custo de implantação de 1 hectare de pau-marfim com mudas doadas por parte do governo.

| Item | Unidade | Quantidade | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|--------------|---------|------------|----------------------|-------------------|
| 1. Operações | | | | |
| Aração | Horas | 2,5 | 8,45 | 21,13 |
| Gradeação | Horas | 2,5 | 8,45 | 21,13 |
| Balizamento | Horas | 52,0 | 1,49 | 77,48 |
| Coveamento | Horas | 60,0 | 1,49 | 89,40 |
| Plantio | Horas | 60,0 | 1,49 | 89,40 |
| TOTAL | | | | 298,54 |

Fonte: Gurgel Filho *et al.* (1978); Instituto Florestal, e dados de pesquisa.

3.2.2 Custo anual de manutenção

Idem ao item 1.2.2

4 PROJETO 4 - PLANTIO DO PAU-MARFIM COM AS MUDAS DOADAS POR PARTE DO GOVERNO E O ARRENDAMENTO DA TERRA POR PARTE DO FAZENDEIRO

4.1 Benefícios

Idem ao item 1.1.2

4.2 Custos

4.2.1 Investimento inicial (ano 0)

Idem ao item 3.2.1.2

4.2.2 Custos de manutenção

Idem ao item 1.2.2

4.2.3 Arrendamento da terra

Idem ao item 2.2.3

FLORA ARBÓREA E ARBUSTIVA DO CERRADO DO PARQUE ESTADUAL DE PORTO FERREIRA (SP)*

José Eduardo de Arruda BERTONI**
Demétrio Vasco de TOLEDO FILHO***
Hermógenes de Freitas LEITÃO FILHO†
Geraldo Antônio Daher Corrêa FRANCO***
Osny Tadeu de AGUIAR***

RESUMO

Foi realizado o levantamento florístico da vegetação lenhosa do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira, situado na região nordeste do Estado de São Paulo. Foram identificadas 200 espécies pertencentes a 57 famílias botânicas. As famílias com maior número de espécies foram: Myrtaceae (25), Fabaceae e Caesalpiniaceae (11), Annonaceae (10), Rubiaceae (9), Euphorbiaceae e Melastomataceae (8). Os resultados foram comparados com os de outras localidades do Estado, analisando o número de famílias, de espécies e a similaridade florística entre algumas áreas de cerrado. Constatou-se que nos cerrados, tal como nas florestas, um pequeno número de famílias, cerca de 10, contém mais da metade do número das espécies amostradas. O cerrado estudado apresenta variações na fisionomia conforme os diversos graus na densidade da vegetação e no porte das árvores e arbustos. A conservação dos fragmentos de cerrado ainda existentes, a criação de novas unidades de conservação e a interligação entre elas, são medidas de grande importância para a manutenção da biodiversidade deste ecossistema.

Palavras-chave: flora do cerrado; composição florística; espécies lenhosas.

1 INTRODUÇÃO

O cerrado é um complexo de formações vegetais que apresenta fisionomia e composição florística variáveis, desde campestres até florestais, formando um verdadeiro mosaico (Coutinho, 1978). O cerrado "*sensu lato*" é tido como um complexo de formações que vai desde campo limpo (formação campestre) até cerradão (formação florestal), e suas formas intermediárias (campo sujo, campo cerrado e cerrado "*sensu stricto*").

ABSTRACT

A floristic survey was carried out in cerrado woody vegetation of Porto Ferreira State Park, located at northeastern São Paulo State. Two hundred woody species belonging to fifty-seven botany families were identified. The larger families in number of species were: Myrtaceae (10), Fabaceae and Caesalpiniaceae (11), Annonaceae (10), Rubiaceae (9), Euphorbiaceae and Melastomataceae (8). The results were compared to other places of the State by analyzing the families number, the species number and the floristic similarity among some areas of cerrado. It was verified that in cerrado vegetations, like forests, a small number of families, about ten, presents more than half of the sampled species number. The cerrado vegetation studied presents diversification in the physiognomy according to several degrees in the vegetation density and tree or shrubs size. The maintenance of the cerrado fragments still existing, the creation of new conservation units and the connection among them are important great measures for biodiversity maintenance of this ecosystem.

Key words: cerrado flora; floristic composition; woody species.

Os cerrados distribuem-se em áreas disjuntas desde o Norte, no Estado do Amazonas, territórios do Amapá e Roraima; Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, no Nordeste; e no Sudeste, no Estado de São Paulo e no Sul no Estado do Paraná (Cavassan, 1990). A área nuclear dos cerrados é o Planalto Brasileiro, estendendo-se pelos Estados nas regiões Norte, Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Sul (Rizzini, 1979).

(*) Aceito para publicação em novembro de 2001.

(**) Instituto Agrônomo de Campinas, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil.

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

(†) *In memoriam*. UNICAMP-IB/DBT, Caixa Postal 6109, 13083-970, Campinas, SP, Brasil.

Hueck (1972) considera o cerrado como vegetação primária, que teve seu centro de difusão no Brasil Central. Seria uma vegetação remanescente de um revestimento florístico antigo, que após mudanças das condições climáticas sofreu invasão da vegetação circundante, e hoje aparece, em certos lugares, como "ilhas" de uma vegetação antiga.

No Estado de São Paulo, os cerrados ocorriam principalmente na região centro-norte, interrompidos por outras formações vegetais, em diversos pontos, como nas proximidades de Campinas, Ribeirão Preto, Franca e Altinópolis, além de algumas áreas restritas na região sul (Toledo Filho, 1984).

A redução destas formações vegetais ocorreu desde o início do século XX, principalmente, devido ao grande potencial dos cerrados como fornecedores de lenha, carvão vegetal, moirões de cerca, além do uso como pasto natural na pecuária. Após a expansão da rede ferroviária para o interior do Estado, muitas áreas de cerrado cederam espaço aos reflorestamentos de *Eucalyptus* sp, introduzidos no país para alimentar caldeiras de locomotivas a vapor d'água ou para fornecer dormentes para a implantação de ferrovias (Cavassan, 1990). Recentemente, os cerrados têm sido utilizados para culturas agrícolas, inclusive a cana-de-açúcar. Apesar da baixa fertilidade do solo, a proximidade dos centros consumidores e a topografia que permitiram a mecanização, compensaram sua ocupação, mesmo necessitando gastos com adubação e correção do solo (Toledo Filho, 1984).

Kronka *et al.* (1993) realizaram o mais recente inventário florestal do Estado de São Paulo, com base em aerofotografias e imagens orbitais de 1990/92, constatando que de 1962 até aquela data houve uma redução de 57,13% da área de vegetação natural restando no Estado cerca de 1,14%.

Nos Estados de São Paulo e Paraná, por constituírem o limite de ocorrência meridional, o cerrado apresenta distribuição naturalmente fragmentada, principalmente nos limites sul e leste. Essa fragmentação foi acentuada com a ocupação antrópica. No entanto, o cerrado apresenta características florísticas, de adaptações ecológicas, de reprodução e de limitação ambiental que garantem a sustentabilidade mesmo em pequenos fragmentos. Assim, a conservação de fragmentos de cerrado é de grande importância para a manutenção desse ecossistema, podendo constituir áreas de conservação *in situ* de populações animais e vegetais, e como habitat para permanência temporária da fauna migratória (São Paulo, 1997).

Kronka *et al.* (1998) fizeram uma análise comparativa dos levantamentos efetuados em diferentes épocas, num período de trinta anos, mostrando as profundas alterações ocorridas nas áreas de domínio da vegetação de cerrado no Estado de São Paulo, evidenciando a situação atual da fragmentação ocorrida. Através da fotointerpretação, efetuou-se a quantificação dos fragmentos remanescentes e sua classificação por classes de superfície. A área contendo cerrado, cerradão e campo cerrado apresentava 237.913 ha e achava-se dividida em 8.353 fragmentos, sendo 4.372 (52,34%) menores do que 10 ha e apenas 47 (0,46%) maiores do que 400 ha.

Martuscelli & Olmos (1993) alertaram que a fragmentação influi negativamente na conservação da fauna, propondo ações de manejo que visam aumentar a diversidade florística e à recuperação dos habitats degradados. Pela contenção do fogo, do efeito de borda, formação de corredores interligando fragmentos, recuperação e reintrodução da fauna original e a proteção eficaz destes fragmentos.

Segundo Alvim (1954), dentre as teorias propostas para explicar a formação dos campos cerrados, a única que se fundamenta em provas experimentais é a que se baseia na composição química do solo que é função, principalmente, de sua origem geológica. Esta teoria é proveniente de um estudo realizado por Alvim & Araújo (1953) no qual concluíram que a distribuição do cerrado, dentro de seu próprio limite fitogeográfico, é regulada mais pelo solo do que por qualquer outro fator ecológico. As diferenciações fisionômicas e as modificações na composição florística e na estrutura da vegetação dos cerrados, estariam relacionadas com a fertilidade do solo e o teor de alumínio (Goodland, 1979). Incluem, também, as formações campestres, onde predominam as gramíneas, e que naturalmente sempre foram desta maneira. Batista & Couto (1990) confirmaram que os fatores químicos e físicos do solo mantêm estreita correlação com o desenvolvimento da vegetação do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, onde a elevação de teores de Al e pH exerceram efeitos negativos na densidade arbórea. Leitão Filho (1992) constatou uma clara diferenciação florística e fisionômica entre as áreas de cerrado do norte do Estado e aquelas situadas mais ao sul, em particular Angatuba e Assis, onde a vegetação é mais baixa e muitas das espécies características dos cerrados não ocorrem, possivelmente em função de geadas anuais por vezes rigorosas.

Dentre os trabalhos realizados em vegetação de cerrado no Estado de São Paulo, pode-se citar: Piccolo *et al.* (1971), em uma reserva de cerrados localizada no município de Corumbataí; Oliveira e Souza (1977) entre os municípios de Brotas e Itirapina; Silberbauer-Gottsberger & Eiten (1983) em Botucatu; Mantovani (1983) e Gibbs *et al.* (1983) em Moji-Guaçu; Toledo Filho (1984) no município de Luiz Antonio; Toledo Filho *et al.* (1984) em Mogi Mirim; Mantovani *et al.* (1985) em Moji-Guaçu; Castro (1987) no município de Santa Rita do Passa Quatro; Durigan *et al.* (1987) em Assis; Giannotti (1988) em Itirapina; Pagano *et al.* (1989) em quatro áreas de cerrado nos municípios de Analândia, Corumbataí, Itirapina e Santa Maria da Serra; Bertoni *et al.* (1989) em Porto Ferreira; Cavassan (1990) no município de Bauru; Meira Neto (1991) no município de Águas de Santa Bárbara; Leitão Filho (1992) sobre a flora arbórea dos cerrados do Estado de São Paulo e Durigan *et al.* (1999) em Assis.

O objetivo deste trabalho foi o conhecimento florístico da vegetação lenhosa de um fragmento de cerrado da região nordeste do Estado, localizado no Parque Estadual de Porto Ferreira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O Parque Estadual de Porto Ferreira está localizado na região nordeste do Estado de São Paulo. Administrado pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo desde sua criação em 1962, apresenta área de 611,55 ha e suas coordenadas geográficas aproximadas são 21°49'S e 47°25'W (FIGURA 1).

A vegetação do Parque é composta de cerrado em cerca de 180,00 ha nas áreas de topografia mais elevada, floresta estacional semidecidual, à medida em que se desce em direção ao rio Moji-Guaçu e floresta ripária ao longo deste, em altitudes variando de 540 a 608 m.

O clima da região é do tipo Cwa de Koeppen, temperado macrotérmico de inverno seco e verão quente e chuvoso. A temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio, inferior a 18°C. A precipitação média anual é de cerca de 1.300 mm, evidenciando duas estações distintas, uma mais chuvosa, de outubro a março e outra mais seca, de abril a setembro, onde ocorre déficit hídrico (Bertoni, 1984).



FIGURA 1 - Parque Estadual de Porto Ferreira, localização no Estado de São Paulo, coordenadas geográficas, limites, topografia e delimitação da vegetação de cerrado e de floresta.

Quanto à geologia o Parque se localiza na Depressão Periférica, na Zona do Moji-Guaçu (Brasil, 1960). Amostras de solos foram coletadas em 7 locais diferentes do cerrado. Em cada local retirou-se 5 amostras provenientes de duas profundidades, 0 a 20 cm e 40 a 60 cm, resultando em 12 amostras compostas, sendo 7 na profundidade 0-20 cm e 5 a 40-60 cm. A interpretação das análises químicas do solo foram feitas segundo Raij *et al.* (1996).

2.2 Estudo Florístico

O levantamento florístico apresentado é o resultado de vários anos de coleta de materiais botânicos na área total do cerrado. As coletas foram realizadas aleatoriamente nos caminhos e trilhas adentrando o cerrado em diversos pontos, e ainda o aproveitamento de material coletado em três áreas de amostragem onde se realizou estudo fitossociológico (Bertoni *et al.*, 1987). O material herborizado foi encaminhado e registrado nos herbários da Universidade Estadual de Campinas e do Instituto Florestal, para identificação taxonômica e onde se encontra depositado.

Os resultados florísticos foram comparados com 8 levantamentos realizados em outras áreas de cerrado do Estado de São Paulo. Para avaliação da similaridade florística utilizou-se o Índice de Similaridade de Jaccard (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974), expresso pela fórmula:

$$I_{SJ} = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

onde:

c = número de espécies comuns;

a = número de espécies da área A, e

b = número de espécies da área B.

Foi possível comparar entre as áreas o número total de famílias, de espécies, o índice de similaridade, o número de espécies por família e a posição de cada uma delas em relação às 12 famílias de maior riqueza de espécies, segundo a flora dos cerrados do Estado de São Paulo (Leitão Filho, 1992).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vegetação do Parque Estadual de Porto Ferreira é constituída por floresta e cerrado. A fotointerpretação mostrou diferenças nas

texturas e tonalidades fotográficas das duas formações (Bertoni, 1984). No campo, constatou-se que o gradiente fisionômico do cerrado variava conforme o adensamento e o porte da vegetação. O cerrado estudado apresenta áreas mais abertas, predominando gramíneas, com arbustos e arvoretas de 3 a 4 m de altura; áreas mais densas com árvores de 6 a 8 m e áreas onde o porte arbóreo atinge 15 m (ou mais) de altura. Além das variações no adensamento e no porte, certas espécies são encontradas em determinadas formações e ausentes em outras.

Embora preservado há 39 anos, no passado o cerrado sofreu alterações antrópicas. Os relatos de antigos funcionários da fazenda, à qual pertencia a área desapropriada, e primeiros funcionários do Parque, que também o conheceram antes de 1962, confirmam que a floresta sofreu corte seletivo de árvores e o cerrado mais de uma vez foi inteiramente cortado a machado, e a lenha aproveitada. Com a abertura da área, as gramíneas nativas recobriam-na, possibilitando a criação de gado bovino. Como o cerrado havia sido cortado a machado e não destocado, com o tempo rebrotava novamente a vegetação arbórea e arbustiva, sombreando as gramíneas e recompondo a área. Há uma linha nítida de separação entre o cerrado e a floresta, a transição quase não é perceptível, isto pode ser explicado pelo corte do cerrado até os limites da floresta onde existia cerca para o gado não adentrá-la.

Apesar da proximidade entre o cerrado e a floresta, são bem definidas as composições florísticas, e são poucas as espécies vicariantes. O cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira apresenta outra particularidade: nele não são encontradas espécies típicas como o *Pterodon emarginatus* (faveiro) e *Anadenanthera falcata* (angico), apesar de encontradas no município e nas proximidades do Parque.

No cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira, foram identificadas 200 espécies arbóreas e arbustivas pertencentes a 57 famílias botânicas (TABELA 1). As 11 famílias mais ricas em espécies foram: Myrtaceae (25), Fabaceae e Caesalpiniaceae (11), Annonaceae (10), Rubiaceae (9), Melastomataceae e Euphorbiaceae (8), Mimosaceae, Lauraceae, Vochysiaceae e Asteraceae (6). Estas famílias detêm 53% do total de espécies encontradas. A distribuição do número de espécies entre as famílias mais numerosas é apresentada na FIGURA 2. Se Leguminosae fosse mantida como uma única família, passaria a compor a maior riqueza, com 28 espécies.

TABELA 1 - Famílias e espécies identificadas no cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP).

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|---------------------------|
| ANACARDIACEAE | |
| <i>Astronium graveolens</i> Jacq. | guaritá |
| <i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl. | aroeirinha |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi | aroeira |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. | peito-de-pombo |
| ANNONACEAE | |
| <i>Annona coriacea</i> Mart. | marolo-bravo |
| <i>Annona crassiflora</i> Mart. | marolo-verdadeiro |
| <i>Annona dioica</i> St. Hil. | araticum, marolo-rasteiro |
| <i>Duguetia furfuracea</i> (St. Hil.) Benth. & Hook. f. | marolo-seco |
| <i>Duguetia lanceolata</i> St. Hil. | pindaíba-verdadeira |
| <i>Guatteria australis</i> St. Hil. | marolo |
| <i>Guatteria nigrescens</i> Mart. | pindaíba-preta |
| <i>Rollinia sylvatica</i> (St. Hil.) Mart. | araticum |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart. | pimenta-de-macaco |
| <i>Xylopia brasiliensis</i> (L.) Spreng. | cortiça |
| APOCYNACEAE | |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. | perobinha-do-campo |
| AQUIFOLIACEAE | |
| <i>Ilex cerasifolia</i> Reiss. | congonha |
| ARALIACEAE | |
| <i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne & Planch | mandioqueiro |
| <i>Didymopanax vinosum</i> (Charm. & Schl.) March. | mandioquinha-do-cerrado |
| ARECACEAE | |
| <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart. | macaúva |
| <i>Diplostemium campestre</i> Mart. | buri |
| <i>Geonoma brevispatha</i> Barb. Rodr. | guaricanga |
| <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman | jerivá |
| ASTERACEAE | |
| <i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. | alecrim, vassoura |
| <i>Gochnatia pulchra</i> (Spreng.) Cabr. | |
| <i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker | |
| <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker | cambará |
| <i>Vernonia diffusa</i> Less. | assa-peixe-branco |
| <i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less. | assa-peixe-preto |
| BIGNONIACEAE | |
| <i>Arrabidaea brachypoda</i> (DC.) Bur. & K. Schum. | |
| <i>Cybistax antissiphylitica</i> (Mart.) Mart. | ipê-verde |
| <i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC. | caroba |
| <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl. | ipê-amarelo, ipê-tabaco |
| <i>Zeyhera digitalis</i> (Vell.) Hoehne | bolsa-de-pastor |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|---------------------------------|
| BIXACEAE | |
| <i>Cochlospermum regium</i> (Schrank) Pilger | algodão-do-campo |
| BOMBACACEAE | |
| <i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns | paininha, paina-do-cerrado |
| <i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns | embiruçu-do-cerrado |
| BORAGINACEAE | |
| <i>Cordia corymbosa</i> (L.) G. Don. | |
| <i>Cordia sellowiana</i> Cham. | ipê-loiro, louro-pardo |
| BURSERACEAE | |
| <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March. | mangue, almecegueira |
| CAESALPINIACEAE | |
| <i>Bauhinia holophylla</i> (Bong.) Steud | unha-de-vaca |
| <i>Chamaecrista flexuosa</i> (L.) Greene | |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | copaiba |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth. | canafistula |
| <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne | jatobá-do-cerrado |
| <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. | canjica, ibirá-puitá, guarucaia |
| <i>Sclerolobium aureum</i> (Tul.) Benth. | gonçalo-do-campo |
| <i>Senna macranthera</i> (Collad.) H.S. Irwin & Barneby | canudo-de-pito |
| <i>Senna pendula</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby | amendoim-bravo |
| <i>Senna rugosa</i> (G.Den.) H.S. Irwin & Barneby | manduirana |
| <i>Senna sylvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby | fedegoso |
| CARYOCARACEAE | |
| <i>Caryocar brasiliense</i> Camb. | pequi |
| CECROPIACEAE | |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | embaúva-do-brejo |
| CLETHRACEAE | |
| <i>Clethra scabra</i> Pers. | guaperê, vassourão |
| CLUSIACEAE | |
| <i>Kielmeyera variabilis</i> Mart. | pau-santo |
| COMBRETACEAE | |
| <i>Terminalia argentea</i> Mart. et Zucc. | capitão-do-campo |
| <i>Terminalia brasiliensis</i> (Camb.) Eichler | dedal, amarelinho |
| CONNARACEAE | |
| <i>Connarus suberosus</i> Planch. | para-tudo |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|-----------------------------------|
| CUNONIACEAE | |
| <i>Lamanonia ternata</i> Vell. | cabacinha, cangalheiro |
| DILLENIACEAE | |
| <i>Davilla eliptica</i> St. Hil. | lixa, folha-de-lixá |
| ERYTHROXYLACEAE | |
| <i>Erythroxylum cuneifolium</i> (Mart.) Schultz | |
| <i>Erythroxylum pelleterianum</i> St. Hil. | |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil. | mercúrio-do-campo |
| <i>Erythroxylum subracemosum</i> Turcz. | mercúrio |
| <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart. | |
| EUPHORBIACEAE | |
| <i>Actinostemon conceptiones</i> (Chodat e Hassler) Pax & K. Hoffm. | |
| <i>Actinostemon estrellensis</i> Muell. Arg. | pé-de-cachorro |
| <i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. | tapiá, boleiro |
| <i>Croton floribundus</i> (L.) Spreng. | capixingui |
| <i>Mabea fistulifera</i> Mart. | piteira, canudo |
| <i>Maprounea guianensis</i> Aubl. | bonifácio |
| <i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill. | tamanqueira |
| <i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax | leiteiro |
| FABACEAE | |
| <i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakol. | gema-de-ovo, chapadinha |
| <i>Acosmium subelegans</i> (Mohl.) Yakol. | peroba-do-campo |
| <i>Aeschynomene racemosa</i> Vogel | |
| <i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Macbr. | morcegueira, angelim-de-morcego |
| <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. | barateiro |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth | sucupira |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth. | anileiro |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vog. | jacarandá |
| <i>Machaerium stipitatum</i> Vog. | sapuva |
| <i>Machaerium villosum</i> Vog. | jacarandá-paulista |
| <i>Platypodium elegans</i> Vog. | amendoim-do-campo, cachorro-magro |
| FLACOURTIACEAE | |
| <i>Casearia decandra</i> Jacq. | guaçatonga-verdadeira |
| <i>Casearia gossypiosperma</i> Briquet | pau-espeto |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | pau-de-lagarto |
| LACISTEMATACEAE | |
| <i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat | |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|---------------------------------------|
| LAURACEAE | |
| <i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) Macbr. | canela-de-cheiro |
| <i>Nectandra nitidula</i> Nees | canela |
| <i>Ocotea acutifolia</i> (Nees) Mez | canela |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meiss.) Mez | canela |
| <i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez | canelinha |
| <i>Persea pyrifolia</i> Nees et Mart. ex Nees | abacate-do-cerrado |
| LOGANIACEAE | |
| <i>Strychnos pseudoquina</i> St. Hil. | quina-do-campo, falsa-quina |
| LYTHRACEAE | |
| <i>Diplusodon aff. virgatus</i> Pohl. | |
| <i>Lafoensia pacari</i> St. Hil. | dedaleiro |
| MALPIGHIACEAE | |
| <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth | murici, imburici |
| <i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss. | murici |
| <i>Byrsonima</i> sp | murici |
| MELASTOMATACEAE | |
| <i>Leandra lacunosa</i> Cogn. | |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana | folha-branca |
| <i>Miconia langsдорffii</i> Cogn. | |
| <i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naud. | |
| <i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naud. | |
| <i>Miconia rubiginosa</i> (Bonpl.) DC. | |
| <i>Miconia stenostachya</i> (Schr. & Mart.) DC. | |
| <i>Tibouchina stenocarpa</i> (DC.) Cogn. | quaresmeira-do-cerrado |
| MELIACEAE | |
| <i>Trichilia catigua</i> A. Juss. | feijão-cru, catiguá |
| <i>Trichilia pallida</i> Sw. | |
| MIMOSACEAE | |
| <i>Acacia plumosa</i> Lowe. | arranha-gato |
| <i>Acacia polyphylla</i> DC. | monjoleiro |
| <i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) Macbr. | timboril-do-cerrado |
| <i>Inga striata</i> Benth. | ingá |
| <i>Platymenia reticulata</i> Benth. | candeia, amarelinho |
| <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Benth. | barbatimão |
| MONIMIACEAE | |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl. | café-de-bugre, café-fedido, nega-mina |
| <i>Siparuna</i> sp | limão-bravo |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|-------------------------|
| MORACEAE | |
| <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul | mamica-de-cadela |
| <i>Ficus citrifolia</i> P. Mill | mata-pau |
| <i>Ficus guaranitica</i> Chodat | figueira |
| MYRISTICACEAE | |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl. | bicuíba, virola, ucuuba |
| MYRSINACEAE | |
| <i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez | pororoca |
| <i>Rapanea guianensis</i> Aubl. | mangue |
| <i>Rapanea lancifolia</i> (Mart.) Mez | pororoca |
| <i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez | mangue |
| MYRTACEAE | |
| <i>Blepharocalyx acuminatus</i> Berg. | guamirim |
| <i>Campomanesia pubescens</i> (ADC.) Berg. | gabirola |
| <i>Campomanesia</i> sp1 | gabirola |
| <i>Campomanesia</i> sp2 | gabirola |
| <i>Eugenia aurata</i> Berg. | |
| <i>Eugenia bimarginata</i> DC. | |
| <i>Eugenia florida</i> DC. | |
| <i>Eugenia livida</i> Berg. | |
| <i>Gomidesia affinis</i> (Camb.) Legr. | |
| <i>Myrcia aff. formosiana</i> DC. | |
| <i>Myrcia albotomentosa</i> DC. | casquerinho |
| <i>Myrcia bella</i> Camb. | |
| <i>Myrcia lasiantha</i> DC. | |
| <i>Myrcia lingua</i> (Berg.) Mattos | brasa-viva |
| <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC. | cambuí |
| <i>Myrcia</i> sp1 | |
| <i>Myrcia</i> sp2 | |
| <i>Myrcia rostrata</i> DC. | |
| <i>Myrcia sphaerocarpa</i> DC. | cambuí |
| <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC. | goiabeira-brava |
| <i>Myrcia velutina</i> DC. | |
| <i>Psidium cupreum</i> O. Berg. | |
| <i>Psidium guineensis</i> Sw. | araçá-preto |
| <i>Psidium</i> sp1 | |
| <i>Psidium</i> sp2 | |
| NYCTAGINACEAE | |
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lund. | |
| <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz | maria-mole |
| <i>Neea theifera</i> Oerst. | |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|--------------------------------|
| OCHNACEAE | |
| <i>Ouratea castanaefolia</i> (DC.) Engl. | castanheiro, folha-de-castanha |
| <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl. | folha-de-serra |
| OXALIDACEAE | |
| <i>Oxalis physocalyx</i> Zucc. | |
| POLYGALACEAE | |
| <i>Bredemeyera floribunda</i> Willd | joão-da-costa |
| PROTEACEAE | |
| <i>Roupala montana</i> Aubl. | carne-de-vaca |
| RHAMNACEAE | |
| <i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reiss. | saguaragi-amarelo, sobrasil |
| ROSACEAE | |
| <i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb. | pessegueiro-bravo |
| RUBIACEAE | |
| <i>Alibertia sessilis</i> (Cham.) K. Schum. | marmelo |
| <i>Amaioua intermedia</i> Mart. | pau-carvão, carvoeiro |
| <i>Guettarda viburnoides</i> Charm. & Schl. | veludo-branco, angélica |
| <i>Ixora vevulosa</i> Benth. | |
| <i>Palicourea rigida</i> H.B.K. | douradinha, gritadeira |
| <i>Psychotria</i> sp | |
| <i>Randia arnata</i> (Sw.) DC. | veludo |
| <i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth. | cotó-do-campo |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Charm. & Schl.) Schum. | |
| RUTACEAE | |
| <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg | mamica-de-porca |
| <i>Zanthoxylum juniperinum</i> Poeppig | laranjeira-brava |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam. | laranjeira-brava |
| SAPINDACEAE | |
| <i>Cupania vernalis</i> Camb. | arco-de-peneira |
| <i>Matayba guianensis</i> Aubl. | camboatã |
| SAPOTACEAE | |
| <i>Chrysophyllum marginatum</i> var. <i>tomentosum</i> (Hook & Arm.) Radlk. | |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | abio-do-cerrado, guapeva |

continua

continuação - TABELA 1

| FAMÍLIA/ESPÉCIE | NOME COMUM |
|---|---|
| SOLANACEAE | |
| <i>Cestrum nocturnum</i> Lam. | dama-da-noite |
| <i>Cestrum pedicellatum</i> Sendtn. | |
| <i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil. | fruto-de-lobo |
| <i>Solanum paniculatum</i> L. | jurubeba-brava |
| <i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult. | jurubeba-branca |
| STERCULIACEAE | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | mutambo, marolinho |
| <i>Helicteres macropetala</i> A. St. Hil. | saca-rolha |
| STYRACACEAE | |
| <i>Styrax ambiguus</i> Seub. | |
| <i>Styrax camporum</i> Pohl. | estoraque-do-campo |
| <i>Styrax pohlii</i> A.DC. | estoraque-do-campo |
| SYMPLOCACEAE | |
| <i>Symplocos uniflora</i> (Pohl.) Benth. | |
| TILIACEAE | |
| <i>Luehea grandiflora</i> Mart. | açoita-cavalo |
| ULMACEAE | |
| <i>Celtis iguanae</i> (Jacq.) Sarg. | grão-de-galo |
| VERBENACEAE | |
| <i>Aegiphila lhotzkiana</i> Cham. | fruto-de-pombo (tronco cascudo) |
| <i>Aegiphila sellowiana</i> Cham. | fruto-de-pombo (tronco liso), tamanqueira |
| <i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pavon) Juss. | lixeira, lixa |
| <i>Lantana camara</i> L. | cambará, erva-de-grilo |
| <i>Lippia salviaeifolia</i> Cham. | cambarazinho |
| VOCHYSIACEAE | |
| <i>Qualea cordata</i> Spreng. | pau-terra |
| <i>Qualea dichotoma</i> (Warm.) Staf. | pau-terra |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | pau-terra-verdadeiro, pau-terra-do-campo |
| <i>Qualea multiflora</i> Mart. | pau-terra |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart. | pau-terra-mirim |
| <i>Vochysia tucanorum</i> Mart. | cinzeiro, pau-de-tucano |

ESPÉCIES

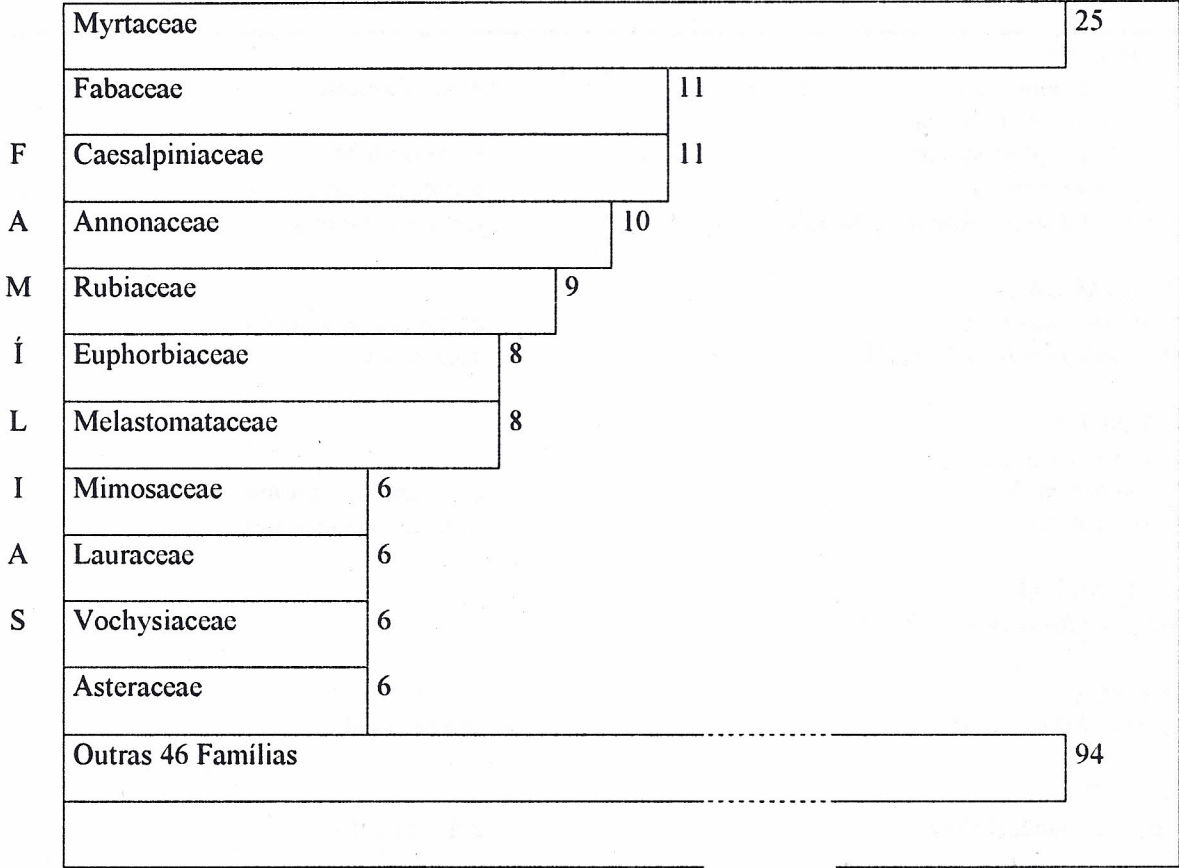


FIGURA 2 - Distribuição do número de espécies por família no cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP).

Na floresta do Parque Estadual de Porto Ferreira (Bertoni, 1984) das 10 famílias com maior número de espécies, 8 coincidem com as encontradas no cerrado, com exceção de Annonaceae e Melastomataceae, entrando no lugar delas Rutaceae e Meliaceae, seguindo exatamente a constância descrita por Leitão Filho (1982) para as florestas de planalto. Porém, ao confrontar as espécies que compõem as 8 famílias mais importantes, comuns entre o cerrado e a floresta, observou-se que do total de 136 espécies, apenas 17 (12,5%) eram coincidentes nas duas formações.

O número de espécies encontrado no cerrado (200) foi considerado alto quando comparado a levantamentos realizados em outras regiões do Estado de São Paulo. A TABELA 2 apresenta o número de famílias e espécies encontradas em nove levantamentos de vegetação

de cerrados no Estado de São Paulo, e os Índices de Similaridade de Jaccard (ISJ) com o cerrado de Porto Ferreira. Observou-se que as áreas mais similares ao cerrado estudado foram: Mogi Mirim, Luiz Antônio, Moji-Guaçu e Itirapina. A similaridade parece não estar relacionada com a proximidade das áreas, pois estas não são as mais próximas de Porto Ferreira. As áreas mais distantes são as de Bauru e Assis. Já o cerrado de Santa Rita e os da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí, nos municípios de Analândia, Corumbataí, Itirapina e Santa Maria da Serra, estão mais próximas de Porto Ferreira e, no entanto, não são tão similares. Mesmo entre as quatro áreas da APA de Corumbataí, Pagano *et al.* (1989) encontraram baixos índices de similaridade entre elas, atribuindo o fato ao grande número de espécies exclusivas em cada uma das áreas amostradas.

TABELA 2 - Número de famílias e espécies encontrado em levantamentos florísticos em áreas de cerrado e cerradão no Estado de São Paulo, e os Índices de Similaridade de Jaccard em relação ao cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira.

| LOCALIDADE | Nº DE FAMÍLIAS | Nº DE ESPÉCIES | ÍNDICE DE SIMILARIDADE (%) |
|--|----------------|----------------|----------------------------|
| Porto Ferreira (presente trabalho) | 56 | 200 | -- |
| Mogi Mirim (Toledo Filho <i>et al.</i> , 1986) | 50 | 140 | 43,91 |
| Luiz Antônio (Toledo Filho, 1986) | 46 | 114 | 35,93 |
| Moji-Guaçu (Mantovani <i>et al.</i> , 1985) | 51 | 129 | 35,39 |
| Itirapina (Giannotti, 1988) | 46 | 118 | 33,05 |
| APA de Corumbataí (Pagano <i>et al.</i> , 1989) | 55 | 125 | 28,62 |
| Assis (Durigan <i>et al.</i> , 1999) | 63 | 318 | 26,96 |
| Bauru (Cavassan, 1990) | 39 | 93 | 25,21 |
| Santa Rita (Castro, 1987) | 45 | 110 | 25,51 |

As diferenças encontradas no número de famílias e espécies entre as áreas levantadas levam a supor que diversos fatores poderiam estar interagindo, tais como, solo, clima, alterações antrópicas, fogo, amostragens pontuais ou mais abrangentes, métodos empregados nos levantamentos, diâmetro mínimo de amostragem, inclusão de espécies florestais semidecíduais, particularmente nos cerradões, entre outras. A fisionomia dos cerrados é bastante heterogênea, existindo uma visível diferença fisionômica entre as formações que os compõem, podendo também resultar e explicar a diferenciação florística. Dentro de uma mesma formação contínua de cerrado encontram-se variações na fisionomia, como no cerrado de Porto Ferreira, onde existem diversos graus na densidade da vegetação, no porte das árvores e arbustos, na presença e ausência de certas espécies, na distribuição espacial e outros.

O levantamento florístico que encontrou maior número de espécies numa mesma área foi o de Durigan *et al.* (1999), no cerrado e cerradão da Estação Ecológica de Assis, com 318 espécies de árvores, arvoretas, arbustos e palmeiras. Este valor pode estar superestimado, pois parte dessas espécies é característica da floresta estacional semidecidual, ocasionalmente ocorrendo no cerrado e em áreas de transição. Estes autores incluíram no levantamento espécies não típicas dos cerrados, tais como, *Cabralea canjerana*, *Cedrela fissilis*, *Centrolobium tomentosum*, *Peltophorum dubium*, *Tabebuia heptaphylla*, entre outras.

A vegetação arbórea típica dos cerrados jamais penetra em outras fitocenoses, porém, o contrário é verdadeiro, particularmente para os cerradões, que têm em sua composição florística várias espécies das florestas semidecíduais (Pagano *et al.*, 1989). Em Corumbataí, 21 espécies não típicas do cerrado, mas que ocorrem,

preferencialmente em florestas semidecíduais, entre elas *Aspidosperma cylindrocarpum*, *Croton floribundus*, *Guapira opposita*, *Guazuma ulmifolia*, *Luehea divaricata*, *Machaerium stipitatum*, *Syagrus romanzoffiana*, *Tapirira marchandii* e *Xylopia brasiliensis*. Dentre os fatores que permitem o estabelecimento de tais espécies, os autores explicam que em decorrência do maior porte das árvores do cerradão, com copas sobrepostas, há uma menor incidência de insolação direta na superfície do solo, uma grande quantidade de matéria orgânica superficial (folhedo), uma maior umidade superficial e a ausência de erosão laminar, fatores estes que levam a uma maior fertilidade do solo. No cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira também foram encontradas espécies não típicas, como *Astronium graveolens*, *Cecropia pachystachya*, *Croton floribundus*, *Peltophorum dubium*, *Inga striata*, *Machaerium stipitatum*, *Guapira opposita*, *Syagrus romanzoffiana* e *Xylopia brasiliensis*.

Levantamentos florísticos encontram um maior número de espécies do que levantamentos amostrais pontuais. Giannotti (1988) recomenda procurar novas espécies fora das áreas amostrais, quando se deseja enriquecer o conhecimento florístico, do que aumentar exaustivamente o número de amostras. Toledo Filho (1984) encontrou no cerradão de Luiz Antônio 28 famílias e 64 espécies através de levantamento amostral de parcelas, porém quando incluiu espécies presentes num raio de 5 km das amostras, este número passou para 46 famílias e 114 espécies.

Leitão Filho (1992) apresentou listagem de espécies arbóreas ocorrentes nos cerrados do Estado de São Paulo, com base em trabalhos publicados e material de expedições de coleta. Neste estudo foram listadas 266 espécies pertencentes a 156 gêneros de 61 famílias, espécies citadas apenas em nível genérico não foram incluídas. As espécies encontradas no cerrado de Porto Ferreira correspondem a 45% das espécies citadas para o Estado de São Paulo de acordo com o trabalho acima.

A vegetação dos cerrados apresenta-se sempre em mosaicos irregulares, com variações fisionômicas bruscas e nem sempre perfeitamente explicáveis (Leitão Filho, 1992). As diferentes fisionomias e a proximidade com outros tipos de vegetação, muitas vezes levam os autores a aumentar o número de espécies do levantamento (Giannotti, 1988).

Áreas de cerrado protegidas contra o fogo e ações antrópicas apresentam tendência evidente de adensamento e evolução. Isto foi verificado por Ferri (1977) no cerrado protegido de Emas (SP) e comprovado por Batista (1982) na Estação Ecológica de Moji-Guaçu, onde o adensamento da vegetação foi observado através da tonalidade e textura fotográficas. Durigan *et al.* (1987) também mapearam a evolução das manchas de vegetação no cerrado da Estação Experimental de Assis, observando que populações de espécies heliófitas, abundantes dez anos antes, tornaram-se escassas à medida em que a vegetação se adensou, e a longo prazo é possível que a riqueza de espécies seja reduzida em função da proteção permanente contra o fogo. No Parque Estadual de Porto Ferreira também ocorreu o adensamento da vegetação, constatado através das fotografias aéreas de 1962, 1971 e 1983. Protegido contra o fogo durante quase quarenta anos, e sem o pastoreio do gado bovino a partir de 1979, observou-se também o adensamento e a diminuição de gramíneas e herbáceas a partir desta data, substituídas por vegetação arbustiva e arbórea. Em locais que continuaram mais abertos, nas áreas de uso intensivo e aceiros do Parque observou-se a diminuição e substituição de gramíneas nativas pela gramínea exótica *Brachiaria* sp, introduzida de pastagens próximas pelo vento e pássaros.

Após as alterações antrópicas, a vegetação do cerrado volta a se recompor iniciando-se pelas gramíneas e por brotação vegetativa das espécies lenhosas. Pode-se supor que nas manchas de solos menos férteis e com maior acidez, as áreas continuem mais abertas, com predominância de gramíneas, não evoluindo, ou demorando a evoluir, para uma fisionomia mais adensada. No entanto, existem também formações campestres naturais que independem de alterações sofridas.

A área estudada está localizada em solo do tipo Latossolo Vermelho-amarelo fase arenosa (Brasil, 1960). A TABELA 3 apresenta os resultados das análises químicas e granulométricas, os quais mostram as variações entre os pontos de amostragem, evidenciando tratar-se de solos arenosos, ácidos, com teores de alumínio considerados tóxicos e soma de bases (S) baixa. Solos distróficos, onde a Capacidade de Troca (T) e a fertilidade apresentam-se baixas. Estas características são típicas dos solos dos cerrados.

TABELA 3 - Análises química e granulométrica de 7 pontos de amostragem no cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). S = Soma de Bases (Ca + Mg + K); T = Capacidade de Troca (S + Al + H); V = Saturação de Bases (S/T x 100) e mmol_c/kg = milímol de carga/kg.

| Amostras | Profund. (cm) | pH (em H ₂ O) | mmol _c /kg | | | | | S | T | V % | g/kg | | Argila | Limo | Areia Fina | Areia Grossa | Classificação Textural |
|----------|------------------|-----------------------------|-----------------------|-----|-----|----|----|-----|------|--------|------|------|--------|------|---------------|-----------------|---------------------------|
| | | | Ca | Mg | K | Al | H | | | | C | M.O. | | | | | |
| 1 | 0-20 | 4,8 | 1,2 | 1,4 | 0,9 | 11 | 35 | 3,5 | 49,5 | 7 | 13,4 | 23 | 230 | 50 | 550 | 170 | Franco argilo arenoso |
| | 40-60 | 4,8 | 1,2 | 0,6 | 0,3 | 9 | 21 | 2,1 | 32,1 | 7 | 7,8 | 13 | 270 | 45 | 530 | 155 | Franco argilo arenoso |
| 2 | 0-20 | 4,7 | 2,6 | 1,4 | 0,6 | 11 | 31 | 4,6 | 46,6 | 10 | 8,2 | 14 | 180 | 5 | 350 | 465 | Franco arenoso |
| | 40-60 | 4,7 | 1,8 | 0,6 | 0,3 | 10 | 24 | 2,7 | 36,7 | 7 | 7,2 | 13 | 135 | 0 | 350 | 515 | Areia franca |
| 3 | 0-20 | 4,8 | 2,0 | 0,0 | 0,2 | 6 | 16 | 2,2 | 24,2 | 9 | 4,0 | 7 | 150 | 0 | 300 | 550 | Areia franca |
| | 40-60 | 4,7 | 1,0 | 0,0 | 0,2 | 5 | 13 | 1,2 | 19,2 | 6 | 2,0 | 3 | 160 | 0 | 350 | 490 | Areia franca |
| 4 | 0-20 | 4,6 | 3,0 | 1,0 | 0,6 | 8 | 23 | 4,6 | 35,6 | 13 | 8,0 | 14 | 410 | 0 | 420 | 170 | Argila arenosa |
| | 40-60 | 5,0 | 4,0 | 1,0 | 0,6 | 4 | 21 | 5,6 | 30,6 | 18 | 6,0 | 10 | 240 | 0 | 380 | 380 | Franco argilo arenoso |
| 5 | 0-20 | 4,6 | 2,0 | 1,0 | 0,9 | 8 | 28 | 3,9 | 39,9 | 10 | 9,0 | 16 | 320 | 30 | 380 | 270 | Franco argilo arenoso |
| | 40-60 | 5,0 | 2,0 | 0,0 | 0,4 | 5 | 20 | 2,4 | 27,4 | 9 | 6,0 | 10 | 390 | 0 | 400 | 210 | Argila arenosa |
| 6 | 0-20 | 5,0 | 7,0 | 2,0 | 1,0 | 8 | 33 | 9,0 | 50,0 | 18 | 12,0 | 21 | 360 | 0 | 440 | 200 | Argila arenosa |
| | 0-20 | 5,0 | 3,5 | 4,0 | 2,3 | 3 | 20 | 9,8 | 32,8 | 30 | 11,0 | 19 | 210 | 0 | 410 | 380 | Franco argilo arenoso |

A diferenciação fisionômica da vegetação do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira, parece estar relacionada aos fatores de solos, uma vez que variáveis como clima, topografia e outras se mantêm praticamente constantes. As diferentes formas fisionômicas da vegetação de cerrado foram salientadas por diversos autores, tendo como condicionantes as características geomorfológicas e os fatores físico-químicos do solo, principalmente os baixos teores de nutrientes e os altos teores de alumínio (Batista & Couto, 1990 e Batista *et al.*, 2000). Para Goodland & Pollard (1973), há um gradiente de fertilidade do solo que explica o gradiente campo sujo - cerradão. Borgonovi & Chiarini (1965), concluíram que a ocorrência de campo, cerrado e cerradão no Estado de São Paulo é proveniente, principalmente do fator solo, sendo o clima pouco expressivo. Goodland (1979) verificou que todos os fatores do solo aumentam em teor do campo sujo ao cerradão, com exceção do alumínio, que diminui. Os tipos intermediários de cerrado, apresentam condições intermediárias de fertilidade do solo. No gradiente cerradão - campo sujo, as diferenciações fisionômicas, a diminuição da biomassa e do número de espécies arbóreas e a modificação da composição florística, tudo pode estar relacionado com o aumento da saturação de alumínio no solo. Assim, as condições edáficas podem limitar comunidades vegetais e produzir variações dentro delas (Goodland, 1971).

A TABELA 4 compara o número de espécies por família de 9 áreas estudadas, em relação às 12 famílias com maior número de espécies, em ordem decrescente, da flora dos cerrados do Estado de São Paulo, segundo Leitão Filho (1992). A Tabela permite uma comparação simplificada do número de espécies por família e a posição de cada família nas respectivas áreas, entre os diversos levantamentos.

Se mantivesse Leguminosae como família única ela seria a mais numerosa em todas as áreas, porém com a subdivisão da mesma pelo sistema de Cronquist (1981), as famílias mais ricas em espécies, basicamente, foram: Myrtaceae, Caesalpiniaceae, Melastomataceae, Fabaceae e Rubiaceae para quase todos os

levantamentos de cerrados, com exceções e troca de posições. As seguintes famílias são igualmente numerosas e também caracterizam a flora dos cerrados do Estado de São Paulo: Asteraceae, Vochysiaceae, Mimosaceae, Annonaceae, Malpighiaceae, Erythroxylaceae e Anacardiaceae.

Através dos levantamentos existentes, observou-se as famílias com maior número de espécies na vegetação de cerrado (*lato sensu*), e constatou-se a repetição de um padrão já observado também em florestas, em que um pequeno número de famílias, em torno de 10, representam mais da metade do número de espécies encontradas. As diferenças entre as áreas de cerrado comparadas entre si, poderiam ser explicadas, não só pelos fatores de solo, mas também clima, topografia e outros, além de alterações antrópicas (abate seletivo, extrativismo, fogo, pecuária, etc.) e o isolamento dos fragmentos. O elevado número de espécies exclusivas de cada área pode confirmar estas questões (Pagano *et al.*, 1989).

Leitão Filho (1992) evidenciou a necessidade de mapeamento dos fragmentos de cerrado remanescentes no Estado de São Paulo, para "garantir a preservação deste valioso patrimônio", realçou uma carência de informações dos cerrados da região norte/nordeste e propôs a criação de novas unidades de conservação. A distribuição naturalmente fragmentada dos cerrados foi acentuada com a ocupação antrópica. No entanto, os cerrados apresentam características florísticas de adaptações ecológicas, de reprodução e de limitação ambiental, que garantem a sustentabilidade mesmo em pequenos fragmentos. A partir dos levantamentos da cobertura vegetal realizados no Estado de São Paulo, foi possível elaborar o mapeamento dos fragmentos de cerrados ainda existentes, discutir e estabelecer critérios de prioridades de preservação (São Paulo, 1997).

A preservação, a criação de novas unidades de conservação e a interligação entre fragmentos de vegetação de cerrado remanescentes no Estado, seriam medidas eficazes para a manutenção da biodiversidade da flora e fauna deste importante ecossistema.

TABELA 4 - Número de espécies (N) por família, e a posição (p) de cada uma em relação às 12 famílias com maior número de espécies, da flora dos cerrados do Estado de São Paulo (Leitão Filho, 1992), em ordem decrescente, em comparação com as respectivas famílias das 9 localidades estudadas.

| Localidades | Myrt.* | | Caes. | | Melast. | | Fabac. | | Rub. | | Aster. | | Voch. | | Mimos. | | Ann. | | Malph. | | Erythr. | | Anac. | |
|---|--------|----|-------|----|---------|----|--------|----|------|----|--------|----|-------|-----|--------|----|------|-----|--------|----|---------|-----|-------|-----|
| | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P | N | P |
| Flora Cerrados Est. S Paulo (Leitão Filho, 1992) | 29 | 1ª | 16 | 2ª | 16 | 2ª | 14 | 3ª | 14 | 3ª | 14 | 3ª | 9 | 4ª | 8 | 5ª | 8 | 5ª | 7 | 6ª | 7 | 6ª | 7 | 6ª |
| Porto Ferreira (presente trabalho) | 25 | 1ª | 11 | 2ª | 8 | 5ª | 11 | 2ª | 9 | 4ª | 6 | 6ª | 6 | 6ª | 6 | 6ª | 10 | 3ª | 3 | 9ª | 5 | 7ª | 4 | 8ª |
| Mogi Mirim (Toledo Filho <i>et al.</i> , 1986) | 15 | 1ª | 6 | 4ª | 5 | 6ª | 9 | 3ª | 10 | 2ª | 4 | 7ª | 5 | 6ª | 4 | 7ª | 5 | 6ª | 3 | 8ª | 2 | 9ª | 2 | 9ª |
| Itirapina (Giannotti, 1988) | 12 | 1ª | 4 | 4ª | 8 | 2ª | 6 | 3ª | 8 | 2ª | 6 | 3ª | 4 | 4ª | 4 | 4ª | 2 | 6ª | 3 | 5ª | 3 | 5ª | 2 | 6ª |
| Mogi Guaçu (Mantovani <i>et al.</i> , 1985) | 9 | 1ª | 6 | 4ª | 6 | 4ª | 9 | 1ª | 8 | 2ª | 7 | 3ª | 5 | 5ª | 3 | 6ª | 2 | 7ª | 5 | 5ª | 6 | 4ª | 2 | 7ª |
| Luis Antônio (Toledo Filho, 1986) | 6 | 2ª | 6 | 2ª | 3 | 5ª | 10 | 1ª | 6 | 2ª | 2 | 6ª | 4 | 4ª | 5 | 3ª | 4 | 4ª | 2 | 6ª | 3 | 5ª | 4 | 4ª |
| Santa Rita (Castro, 1987) | 7 | 3ª | 8 | 2ª | 6 | 4ª | 9 | 1ª | 3 | 7ª | 4 | 6ª | 6 | 4ª | 4 | 6ª | 5 | 5ª | 5 | 5ª | 2 | 8ª | 1 | 9ª |
| Corumbatai (Pagano <i>et al.</i> , 1989) | 21 | 1ª | 5 | 7ª | 9 | 3ª | 7 | 5ª | 10 | 2ª | 6 | 6ª | 5 | 7ª | 3 | 9ª | 8 | 4ª | 4 | 8ª | 5 | 7ª | 2 | 10ª |
| Bauri (Cavassan, 1990) | 8 | 1ª | 6 | 2ª | 5 | 3ª | 6 | 2ª | 6 | 2ª | 4 | 4ª | 5 | 3ª | 5 | 3ª | 4 | 4ª | 4 | 4ª | 1 | 5ª | 1 | 5ª |
| Assis (Durigan <i>et al.</i> , 1999) | 32 | 1ª | 17 | 4ª | 10 | 8ª | 13 | 5ª | 11 | 7ª | 18 | 3ª | 6 | 11ª | 9 | 9ª | 8 | 10ª | 19 | 2ª | 4 | 12ª | 3 | 13ª |

(*) Abreviaturas das famílias: Myrtaceae, Caesalpinaceae, Melastomataceae, Fabaceae, Rubiaceae, Asteraceae, Vochysiaceae, Mimosaceae, Annonaceae, Malpighiaceae, Erythroxylaceae e Anacardiaceae.

4 CONCLUSÕES

O cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira, mostrou ser rico em espécies. O levantamento florístico realizado encontrou 200 espécies arbóreas e arbustivas, pertencentes a 56 famílias botânicas.

As 10 famílias mais ricas em espécies detêm 50% do total das espécies encontradas e quando comparadas com as da floresta da mesma área, observou-se que 8 eram coincidentes. Porém, ao confrontar as espécies que compõem estas 8 famílias mais importantes, observou-se que do total de 136 espécies, apenas 17 (12,5%) eram vicariantes entre as formações.

A composição florística do cerrado de Porto Ferreira foi comparada com a de outras localidades, onde a similaridade parece não estar relacionada apenas com proximidade, pois as áreas mais próximas não foram as mais semelhantes floristicamente.

Comparou-se também, o número de espécies existentes nas 12 famílias mais importantes de 9 áreas de cerrado, sendo as mais ricas em espécies: Myrtaceae, Caesalpiniaceae, Melastomataceae, Fabaceae e Rubiaceae para quase todos os levantamentos. As famílias igualmente numerosas e que também caracterizam a flora dos cerrados do Estado de São Paulo são: Asteraceae, Vochysiaceae, Mimosaceae, Annonaceae, Malpighiaceae, Erythroxylaceae e Anacardiaceae.

As diferenças da fisionomia do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira parecem estar relacionadas com fatores físicos-químicos do solo e de alterações antrópicas ocorridas no passado.

A preservação, a criação de novas unidades de conservação e a interligação entre fragmentos remanescentes, seriam medidas eficazes para a manutenção da biodiversidade da flora e fauna deste importante ecossistema.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos funcionários do Parque Estadual de Porto Ferreira que colaboraram na realização deste trabalho. Especialmente aos Srs. Antônio Ucheli, Rubens Martins e Luiz Valdevite que, além do conhecimento, empreenderam inestimável auxílio no trabalho de campo, sempre com entusiasmo, boa vontade, dedicação e, sobretudo, amizade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, P. de T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. *Rev. Brasil. Geogr.*, Rio de Janeiro, v. 16, p. 496-498, 1954.

_____.; ARAÚJO, W. A. O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-Oeste do Brasil. *B. geogr.*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 117, p. 569-578, 1953.

BATISTA, E. A. *Levantamentos fitossociológicos aplicados à vegetação de cerrado utilizando-se de fotografias aéreas verticais*. 1982. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

_____.; COUTO, H. T. Z. do. Influência de fatores químicos e físicos do solo sobre o desenvolvimento da vegetação de cerrado na Reserva Biológica de Moji-Guaçu, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 6-86, 1990.

_____. *et al.* Influência de fatores edáficos sobre o desenvolvimento da vegetação de uma mata mesófila no município de Lindóia, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 25-35, 2000.

BERTONI, J. E. de A. *Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta do interior do Estado de São Paulo: Reserva Estadual de Porto Ferreira*. 1984. 196 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____. *et al.* Contribuição ao conhecimento de flora arbórea-arbustiva do cerrado da Reserva Estadual de Porto Ferreira (SP). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, XXXVIII, 1987, São Paulo. *Resumos...* São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil, 1987. p. 200.

_____. *et al.* Fitossociologia de duas áreas de cerrado no Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, XL 1989, Cuiabá. *Resumos...* Cuiabá: Sociedade Botânica do Brasil, 1989. p. 62.

BORGONOV, M.; CHIARINI, J. V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo: 1 - Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas por cerrado, cerradão e campo em 1962. *Bragantia*, Campinas, v. 24, n. 14, p. 159-172, 1965.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (Bol., 12).

CASTRO, A. A. J. F. **Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro-SP.** 1987. 240 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAVASSAN, O. **Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no Parque Ecológico Municipal de Bauru (SP).** 1990. 206 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. *Rev. Brasil. Bot.*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 17-23, 1978.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants.** New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.

DURIGAN, G. *et al.* Fitossociologia e evolução da densidade de vegetação do cerrado, Assis-SP. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 59-78, 1987.

DURIGAN, G. *et al.* Inventário florístico do cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. *Hoehnea*, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 149-172, 1999.

EITEN, G. Habitat flora of Fazenda Campininha, São Paulo, Brasil. In: FERRI, M. G. (Coord.). **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, I, 1963, São Paulo. São Paulo: Edgard Blucher e Ed. USP, 1963. p. 179-231.

FERRI, M. G. Ecologia dos cerrados. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, IV, 1976, São Paulo. São Paulo: Ed. USP, 1977. p. 15-36.

GIANNOTTI, E. **Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado e de transição entre cerrado e mata ciliar da Estação Experimental de Itirapina (SP).** 1988. 222 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GIBBS, P. E.; LEITÃO FILHO, H de F.; SHEPHERD, G. J. Floristic composition and community structure of an area of cerrado in SE Brazil. *Flora*, Jena, v. 173, p. 433-449, 1983.

GOODLAND, R. Análise ecológica da vegetação do cerrado. Tradução Eugenio Amado. In: GOODLAND, R.; FERRI, M. G. (Coord.). **Ecologia do cerrado.** Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: Ed. da USP, 1979. 193 p. (Reconquista do Brasil, v. 52).

_____. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, III, 1971, São Paulo. São Paulo: Edgard Blucher e Ed. USP, 1971. p. 44-60.

_____. POLLARD R. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. *Journal of Ecology*, London, v. 61, n. 1, p. 219-224, 1973.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul.** Tradução Hans Reichardt. São Paulo: Ed. Polígono; Brasília, DF: Ed. da Universidade de Brasília, 1972. 185 p.

KRONKA, F. J. do N. *et al.* **Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1998. 84 p.

KRONKA, F. J. do N. *et al.* **Inventário florestal do Estado de São Paulo.** São Paulo: Instituto Florestal, Secretaria do Meio Ambiente, 1993. 199 p.

LEITÃO FILHO, H. de F. A flora arbórea dos cerrados do Estado de São Paulo. *Hoehnea*, São Paulo, v. 19, n. 1/2, p. 151-163, 1992.

_____. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. In: **CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS**, 1982, Campos do Jordão. *Anais...* São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 197-206. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt.1, Edição especial).

MANTOVANI, W. **Composição e similaridade florística, fenológica e espectro biológico do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo.** 1983. 147 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

_____. *et al.* Chave baseada em caracteres vegetativos para identificação de espécies lenhosas do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. *Hoehnea*, São Paulo, v. 12, p. 35-36, 1985.

MARTUSCELLI, P.; OLMOS, F. Reconhecimento preliminar da fauna do Parque Estadual de Vassununga e da Estação Ecológica do Jataí (Santa Rita do Passa Quatro - Luiz Antônio, SP). São Paulo, 1993. 17 p. (Processo SMA-40790/93). (Relatório).

MEIRA NETO, J. A. A. Composição florística e estrutura fitossociológica de fisionomias de cerrado "sensu lato" da Estação Ecológica de Santa Bárbara - Município de Águas de Santa Bárbara - Estado de São Paulo. 1991. 115 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

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

OLIVEIRA e SOUZA, M. H. A. Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina) SP. 1977. 369 f. Tese (Doutorado) - São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAGANO, S. N. *et al.* Estrutura fitossociológica do estrato arbustivo arbóreo da vegetação de cerrado da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí-Estado de São Paulo. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 49, n. 1, p. 49-59, 1989.

PICCOLO, *et al.* Aspectos fitossociológicos de uma reserva de cerrado. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v. 46, p. 81-92, 1971.

RAIJ, B. VAN *et al.* Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil - aspectos sociológicos e florísticos. São Paulo: Ed. de Humanismo, Ciência e Tecnologia, EDUSP, 1979. 373 p.

SÃO PAULO. Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 113 p. 1997. (Série PROBIO/SP).

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I; EITEN, G. Fitossociologia de um hectare de cerrado. *Brasil Flor.*, Brasília, DF, v. 13, n. 54, p. 55-73, 1983.

TOLEDO FILHO, D. V. de. Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luiz Antônio (SP). 1984. 173 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas.

_____. *et al.* Composição florística de área de cerrado em Mogi Mirim (SP). *Bol. Técn. IF*, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 165-175, 1984.

GEOMORFOLOGIA E COBERTURA VEGETAL ATUAL DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DO BARRACÃO NO NÚCLEO CUNHA PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR - SP¹

Elvira Neves DOMINGUES²
Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS³
Sonia Maria FURIAN⁴

RESUMO

Visando conhecer o meio biofísico e sua dinâmica, estudou-se a geomorfologia e a vegetação de uma microbacia em recuperação, localizada no Planalto Atlântico, setor pré-Serra do Mar, denominado de Planalto de Paraitinga, no leste paulista. Através da fotointerpretação e trabalhos de campo foram reconhecidos e caracterizados a compartimentação topomorfológica, as formas dos topos, das vertentes e dos fundos de vales, os tipos de cobertura vegetal e suas condições de recuperação, incluindo-se ainda, dados referentes à dinâmica atual dos processos erosivos e deposicionais. Concluiu-se que a microbacia é estruturada sob forte influência geológica, com marcantes falhas e encaixamento dos vales em rochas migmatíticas bandadas. Na média e alta bacia, ocorrem interflúvios abaulados, escorregamentos recentes e antigos reativados, vertentes retilíneas, vegetação arbórea alto denso, arbórea médio aberto e arbórea baixo denso, arbórea médio denso e arbórea médio esparsa, estas dominantes também, no setor inferior da microbacia. Neste, ocorre a planície fluvial mais ampla, destacando-se depósitos de detritos, vertentes côncavas, vegetação herbácea e reflorestamento de *Araucaria angustifolia*. A recuperação da vegetação é progressiva, embora ocorram processos erosivos em vertentes com fortes declives.

Palavras-chave: geomorfologia; geologia; vegetação; mapeamento; microbacia; Unidade de Conservação.

1 INTRODUÇÃO

O "Vale do Paraíba" compreende a região administrativa do leste do Estado de São Paulo, localizada no Planalto Atlântico, entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira. Este conjunto é drenado pelos rios da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, o que dá nome à região. A ocupação dessa área remonta à época histórica da mineração, do cultivo do café e, posteriormente, das fases de industrialização e urbanização do Estado.

ABSTRACT

It was studied the geomorphology and vegetation of the recovering small watershed situated on the forepart of "Serra do Mar" complex, in the east of São Paulo State, Brazil. This work aims to know the biophysic environment and its dynamic. The data were obtained by the photointerpretation technique and mainly using field work. In the middle and high parts of the watershed, it was found convex tops, recent and reactivated landslides and there are several types of vegetation as high and dense arboreal, medium and dense arboreal, low and dense, medium-opened arboreal, uneven closed arboreal vegetation; the last one is also predominant on the small watershed downmost part, showing sediment deposits, herbaceous vegetation and *Araucaria angustifolia* reforestation. The vegetation recovery is improving although there are erosive processes in very steep areas.

Key words: geomorphology; geology; vegetation; mapping; small watershed; Conservation Unity.

A eliminação de extensas áreas de cobertura de mata natural teve como consequência a degradação da paisagem regional. Hoje, predominam as pastagens, com ocorrência restrita de mata natural e áreas agrícolas, destacando-se processos acelerados de degradação do solo, com graves problemas, principalmente erosivos e de recursos hídricos, tanto no que se refere à produção quanto ao consumo de água. Assim, esta porção do território paulista exige urgência na recuperação de áreas degradadas e na proteção dos mananciais.

(1) Projeto do Programa de Cooperação Brasil/Japão, Convênio IF/JICA e de Third Country Training Programme - TCTP, Convênio SMA - IF/JICA. Aceito para publicação em dezembro de 2001.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: edomingues@iflorestsp.br (Bolsista do CNPq)

(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: geoc@iflorestsp.br

(4) Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, Caixa Postal 8105, 05508-900, São Paulo, SP, Brasil.

Motivado por tais problemas, o Núcleo Cunha, que compreende um setor do Alto Vale do Paraíba e, ao mesmo tempo, área de domínio do Parque Estadual da Serra do Mar, foi eleito em 1979, para abrigar o Projeto de Manejo de Bacias Hidrográficas Experimentais, através do Convênio firmado entre o Instituto Florestal e a Japan International Cooperation Agency-JICA. Foram instalados o laboratório de hidrologia, contenção de encostas e reposição da cobertura florestal.

O presente estudo faz parte, também, do Programa TCTP - "Third Country Training Programme", que corresponde a outro Convênio firmado com a JICA e que trata da transferência de tecnologia, através de cursos internacionais.

Neste contexto, os objetivos deste estudo foram conhecer e analisar o meio biofísico, no conjunto da recuperação das condições naturais da microbacia do ribeirão do Barracão, caracterizando e mapeando a geomorfologia e a cobertura vegetal atual.

Esta recuperação vem ocorrendo há 45 anos, dos quais os últimos 21 anos compreendem a fase de transformação dessa área em Parque Estadual. Nesse período não foi efetuada nenhuma interferência no sentido de manejar a área da microbacia, com vistas à contenção dos processos erosivos ou a recuperação da cobertura vegetal. Após a criação dessa Unidade de Conservação, cujo objetivo principal é a proteção dos mananciais e das nascentes do rio Paraibuna, um dos mais importantes da região, vários projetos de pesquisas, sob diversos enfoques, passaram a ser desenvolvidos, pois a área era totalmente desconhecida do ponto de vista científico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A importância dos conhecimentos científicos dos componentes naturais é ressaltada por todos aqueles que trabalham com o meio ambiente. Assim, Garcez (1974) afirmou que o conhecimento dos processos erosivos a que estão sujeitas as superfícies do terreno é de grande importância para o questionamento de problemas de ocupação humana, conservação e proteção do ambiente. As características da bacia hidrográfica influem sobre o fluxo fluvial, sendo que a área e a forma da bacia, as declividades, o solo, a vegetação, a geologia e outros elementos são importantes na avaliação das condições ambientais.

Quanto aos fundamentos geomorfológicos, Furian & Pfeifer (1986) demonstraram que o relevo regional do Núcleo Cunha indica forte influência estrutural-litológica e de erosão diferencial, onde a estabilidade das vertentes é mantida pela cobertura vegetal e, portanto, muito dependente da utilização do solo. Furian (1994) avaliou a morfogênese e a pedogênese em uma vertente desta microbacia, caracterizando a cobertura pedológica como latossolica, pouco espessa, desenvolvida sobre alteritas profundas de natureza gibsítica e apresentou uma carta de riscos, com predição dos setores mais instáveis, quanto à dinâmica atual dos escorregamentos.

Junto aos rebordos do planalto, no Núcleo Caraguatatuba, em setores de pré-Serra do Mar, similares aos da microbacia do ribeirão do Barracão, Domingues & Sérgio (1989) indicaram que a ação antrópica e as altas declividades correspondem aos fatores de maior fonte de instabilidade e problemas dos escorregamentos. Apresentaram diferentes níveis de instabilidade, após análises de aspectos do meio biofísico e legais, visando subsídios à maior eficácia para a preservação dessas vertentes. Ainda, Domingues *et al.* (1993) pesquisaram o meio biofísico de uma microbacia, também em setores de pré-serra, no Parque Estadual de Carlos Botelho, com 80% da área recoberta por mata natural, concluindo que a maior instabilidade dos solos ocorre em área de floresta, devido ao domínio de declividades superiores a 30°, com rastejo do solo, escorregamentos e assoreamentos dos canais fluviais.

Hasui *et al.* (1978) reconheceram na região do Núcleo Cunha uma diversidade do Planalto Atlântico, ao qual denominaram Planalto de Paraibuna, entre o Planalto da Bocaina e a Província Costeira, com relevo marcado por dobramentos e falhamentos. Caracterizaram este conjunto litológico composto apenas por migmatitos homogêneos e rochas granitóides, ressaltando que esta região ainda é pouco conhecida, do ponto de vista geológico.

Na microbacia estudada, Carvalho *et al.* (1990) caracterizaram treze unidades de mapeamento de solos, com predominância de Latossolos; Associação de Latossolos e Solos Litólicos e nas várzeas os Solos Glei Húmico, Glei Pouco Húmico, Solos Aluviais Distróficos e Solos Aluviais Eutróficos Epidistróficos. Os Latossolos são predominantemente álicos, com horizonte A moderado.

Diferem quanto a textura do horizonte B que pode ser argilosa e média; saturação por bases e por alumínio dos horizontes A e B podendo ser álicos, álicos epientróficos, distróficos e distróficos epientróficos; profundidade e fases de relevo e pedregosidade.

Estudando os aspectos hidrológicos nesta área, Cicco *et al.* (1995) evidenciaram relações entre a precipitação e o escoamento superficial e subsuperficial, indicando que a maior parte da água das chuvas é retida no solo, sendo gradualmente liberada para o curso d'água, confirmando a alta capacidade de armazenamento de água, que influencia o escoamento fluvial no canal principal até dois meses após as chuvas. Arcova & Cicco (1997) concluíram que a contribuição do escoamento direto para o deflúvio diário da microbacia, entre out./86 e set./92, foi de 10% de todo o tempo de descarga. Destacaram que nos períodos menos e mais chuvosos foram registrados o deflúvio médio diário de 3,8 mm e 4,8 mm, respectivamente, e que as características do meio biofísico, como solos rasos, afloramentos rochosos, altas declividades e a presença da Mata Atlântica, propiciam para a microbacia uma grande capacidade de geração de escoamento direto e, principalmente, respostas hidrológicas diretamente ligadas às chuvas.

A cobertura vegetal original da região, conforme Leitão Filho (1982), é classificada como Floresta Latifoliada Perenifólia, com grande diversidade de famílias. Esta vegetação recebe ainda várias denominações, como: Floresta Perenifólia Higrófila Costeira (Strang *et al.*, 1982); Mata Pluvial Tropical (Coutinho, 1962); Floresta Pluvial Atlântica (Ab'Saber, 1956); Floresta Tropical Atlântica (Hueck, 1972), e Floresta Ombrófila Densa (Brasil, 1983).

Na região, Prandini *et al.* (1982) afirmaram que, as áreas ocupadas por mata natural ocorrem principalmente, junto às cristas da Serra do Mar e em relevo de morros e de morrotes, cujas condições topográficas não podem ser consideradas como barreiras naturais à ocupação humana, com apenas, cerca de 383 km², correspondendo a 8,7% da área total. Caracterizaram o Alto Paraíba como formado pelas bacias do Paraitinga e Paraibuna, abrangendo uma área de cerca de 4.400 km² e compreendendo a Floresta Latifoliada Tropical Úmida de Encosta.

Quanto à área estudada, Aguiar *et al.* (2001) efetuaram levantamento florístico das espécies arbustivas e arbóreas, de um trecho de vegetação secundária e constatarem a ocorrência de 168 espécies, 90 gêneros e 47 famílias, com destaque para Lauraceae, Asteraceae, Melastomataceae, Myrtaceae e Solanaceae.

Custódio Filho *et al.* (1997) estudaram a produção de serapilheira na vegetação ciliar, em estágio sucessional de capoeirão, na microbacia do ribeirão do Barracão, indicando que a produção anual foi de 6.438,95 kg.ha⁻¹, com produção mensal contínua no período de um ano, mas pouco correlacionada com os índices pluviométricos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A Área

A microbacia do ribeirão do Barracão constitui-se em um afluente do rio Paraíba do Sul e está localizada no município de Cunha. O Núcleo Cunha, onde está inserida a área estudada, situa-se entre as coordenadas geográficas 23°16'28" a 23°16'10" de latitude Sul e 45°02'53" a 45°05'15" de longitude Oeste Grws (FIGURA 1).

A microbacia possui 56 ha e localiza-se no extremo norte do Núcleo Cunha e em porção do Planalto Atlântico, localmente denominado Planalto de Paraitinga, na subzona "Morraria do Paraíba", em setores de "morros paralelos", constituídos de migmatitos do Complexo Costeiro do Arqueano (Almeida, 1974).

A área apresenta vegetação secundária de Mata Atlântica (Aguiar *et al.*, 2001). Segundo a classificação de Köppen, a região tem clima do tipo Cwa, mesotérmico de inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C no inverno e superiores a 22°C no verão. A pluviosidade média anual é de 2.000 mm a 2.500 mm, com período chuvoso compreendido entre outubro e março e período menos chuvoso, entre abril e setembro, sendo que na microbacia não há caracterização de período seco. No verão, período mais chuvoso, são registradas chuvas concentradas, de alta intensidade, como o episódio ocorrido entre 23 e 24 de janeiro de 1985, cujo pico atingiu 430 mm em 24 horas (Furian, 1987).

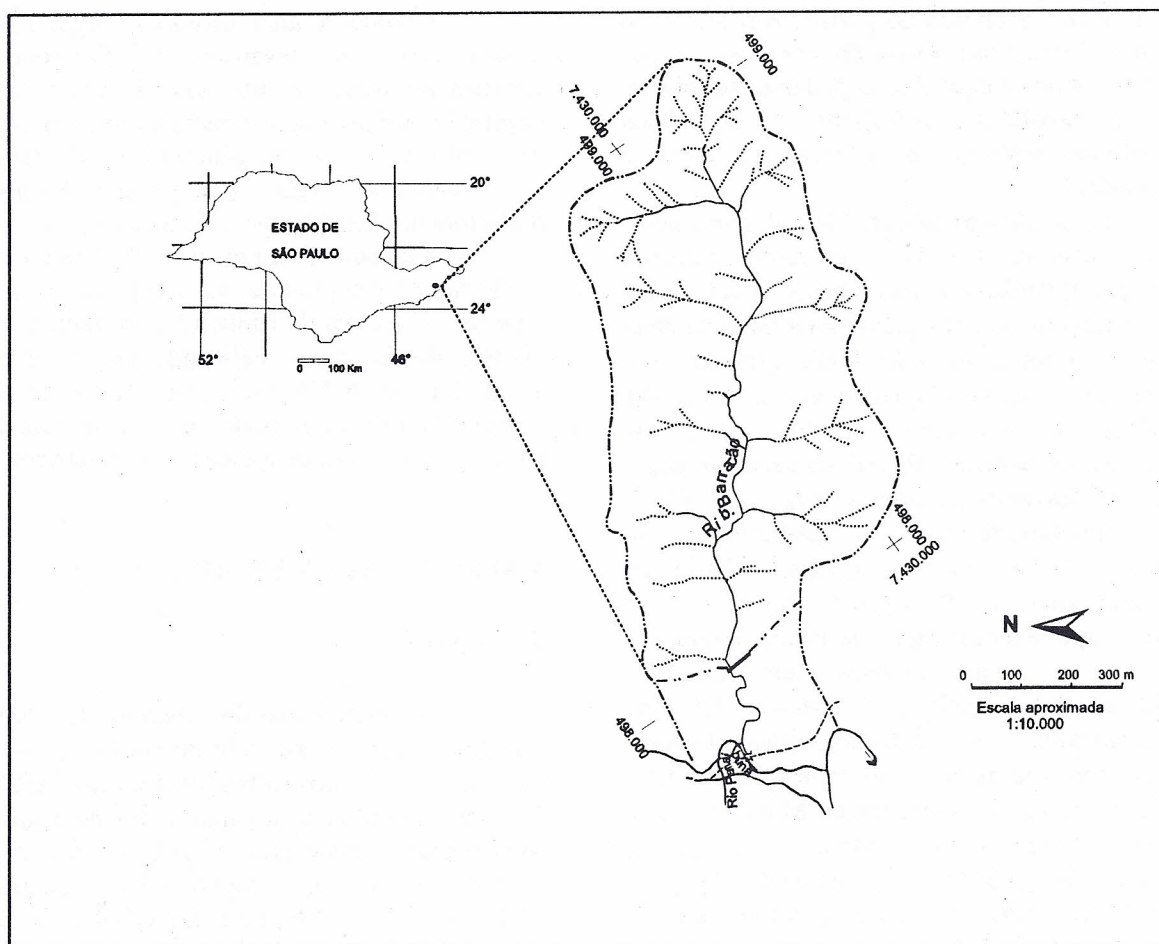


FIGURA 1 - Localização da área estudada no Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar - SP.

3.2 Documentação Cartográfica e Fotográfica

Foi utilizada como base topográfica deste trabalho, a carta Fazenda Barracão - SF-23-Y-D-III-2-SE-F, do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, EMPLASA, escala de 1:10.000, publicada em 1974.

O material fotográfico utilizado compreende fotografias aéreas verticais, pancromáticas, na escala aproximada de 1:25.000, do Levantamento Aerofotográfico do Estado de São Paulo, executado pela VASP Aerofotogrametria SA/IBC/GERCA, realizado em 1972; fotografias aéreas do Levantamento Aerofotográfico do Estado de São Paulo, realizado pelo Consórcio VASP/CRUZEIRO/GEOFOTO-AEROMAPA, em 1977, da Secretaria de Economia e Planejamento, na escala aproximada de 1:40.000 e fotografias aéreas pancromáticas verticais, vôo de dezembro de 1997, na escala de 1:20.000, O-639, para a área do Núcleo Cunha - PESM, do Instituto Florestal, realizado pela BASE S/A.

3.3 Métodos

Os mapeamentos da geomorfologia e da cobertura vegetal foram realizados através de procedimentos específicos, mas baseados no reconhecimento detalhado dos elementos fundamentais por meio da fotointerpretação, trabalhos de campo e análise integrada dos dados. Assim, elaborou-se a carta base da rede de drenagem e as cartas geomorfológica e da vegetação atual da microbacia, na escala de 1:10.000.

A carta geomorfológica foi elaborada segundo procedimentos desenvolvidos em trabalhos anteriores (Domingues, 1983 e Domingues *et al.*, 1993) e de orientações sugeridas por Ab'Saber (1969, 1977) e Cruz (1966, 1985), para análise integrada da compartimentação, dos componentes e dos processos geomorfológicos.

A metodologia de mapeamento da cobertura vegetal foi centrada em experiências anteriores (Mattos & Matsukuma, 1990 e Mattos *et al.*, 1997) e nos procedimentos adotados por Spurr (1960), que identifica e classifica a vegetação através da fotointerpretação, utilizando-se dos elementos da imagem fotográfica. Correlacionou-se a fotointerpretação aos parâmetros de campo, como: porte, densidade e estrutura da vegetação.

Posteriormente, foi desenvolvida a análise integrada final das variáveis morfológicas, da vegetação e dos processos erosivos visando às interpretações conjugadas, conforme Tricart (1961, 1977), quanto às relações mais importantes destes componentes na evolução do meio biofísico. É importante ressaltar que na análise dos aspectos geomorfológicos e da vegetação, considerou-se outros fatores, como a interferência humana direta, pois esta área foi alvo da extração de madeira e de queimadas e, posteriormente, também utilizada para o pastoreio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A microbacia do ribeirão do Barracão possui altitudes entre 1.045 m e 1.228 m, compreendendo diversas características geomorfológicas (FIGURA 2) que, por vezes, coincidem com os domínios da cobertura vegetal (FIGURA 3).

Quanto aos aspectos geomorfológicos (FIGURA 2), a microbacia é caracterizada por divisores de água com topos abaulados, isto é, trechos com faces íngremes e exposição de paredes rochosas, e trechos com faces pouco íngremes à arredondadas. Também, topos de forma convexa, em divisores d'água principais e secundários, diversos tipos de formas de fundo de vales, de vertentes e de processos de erosão e acumulação.

O mapa da cobertura vegetal (FIGURA 3) destaca vários estádios naturais de desenvolvimento da vegetação, além de um pequeno trecho onde foi efetuado plantio de *Araucaria angustifolia*, sem fins econômicos. Em termos de regeneração da cobertura vegetal natural nesta microbacia, atualmente, é possível definir cinco grandes compartimentos, sendo que um deles foi subdividido e que se referem à vegetação secundária em estádios: avançado de regeneração, médio de regeneração (arbóreo médio e esparso),

médio de regeneração (arbóreo médio e denso), médio de regeneração (higrófila) e inicial de regeneração. Estas categorias se encontram associadas aos compartimentos e dinâmica do relevo, sendo possível estabelecer esta relação em alguns setores do relevo, como será apresentado adiante.

Através da análise das características topomorfológicas foi possível distinguir, aproximadamente, os domínios da alta, média e baixa microbacia. Assim, entre 1.228 m a 1.150 m há o domínio dos divisores de água com topos abaulados, que delimitam o setor da alta microbacia hidrográfica. Nesta porção da microbacia foram ressaltados: a concentração de ocorrência de escorregamentos, ravinhas e sulcos e o encaixamento dos cursos d'água. Na média microbacia, compreendendo áreas entre 1.150 m a 1.110 m, ocorre o domínio de divisores de água com topos abaulados e arredondados, com registro também, de alguns escorregamentos. Nesta, há destaque para a ocorrência das nascentes principais, as zonas de falhas prováveis e planícies alveolares restritas. A porção inferior, delimitada entre 1.110 m a 1.045 m, compõe o setor da baixa microbacia, com predominância de topos arredondados, maior porção da área de planície aluvial e de depósitos de detritos. Este setor abrange a zona de falhamento do Paraibuna, chamada "Zona de Falha de Natividade" (Almeida, 1974).

Assim, verificou-se na alta microbacia, vários escorregamentos registrados em diversas submicrobacias pluviais, em setores de vertentes retilíneas íngremes, próximo aos topos mais destacados. Estas ocorrências sugerem também, serem conseqüências dos desmatamentos realizados em épocas anteriores à criação desta Unidade de Conservação, pois havia um caminho aberto nos limites desta microbacia, acompanhando os divisores d'água da margem esquerda do ribeirão principal.

Nestas vertentes, alguns fatores predisponentes e efetivos à instabilidade, como a interferência humana pretérita, as fortes declividades e as chuvas concentradas de alta intensidade, promovem um maior poder erosivo ao escoamento superficial concentrado, resultando em canais pluviais ravinados e cicatrizes de escorregamentos reativadas, fatos também constatados por Furian (1994). São áreas de domínio dos processos de degradação do relevo ou processos erosivos, compreendendo os setores da microbacia de maior fornecimento de sedimentos aos canais de drenagem, que nestes pontos são estreitos em fundos de vale encaixados.

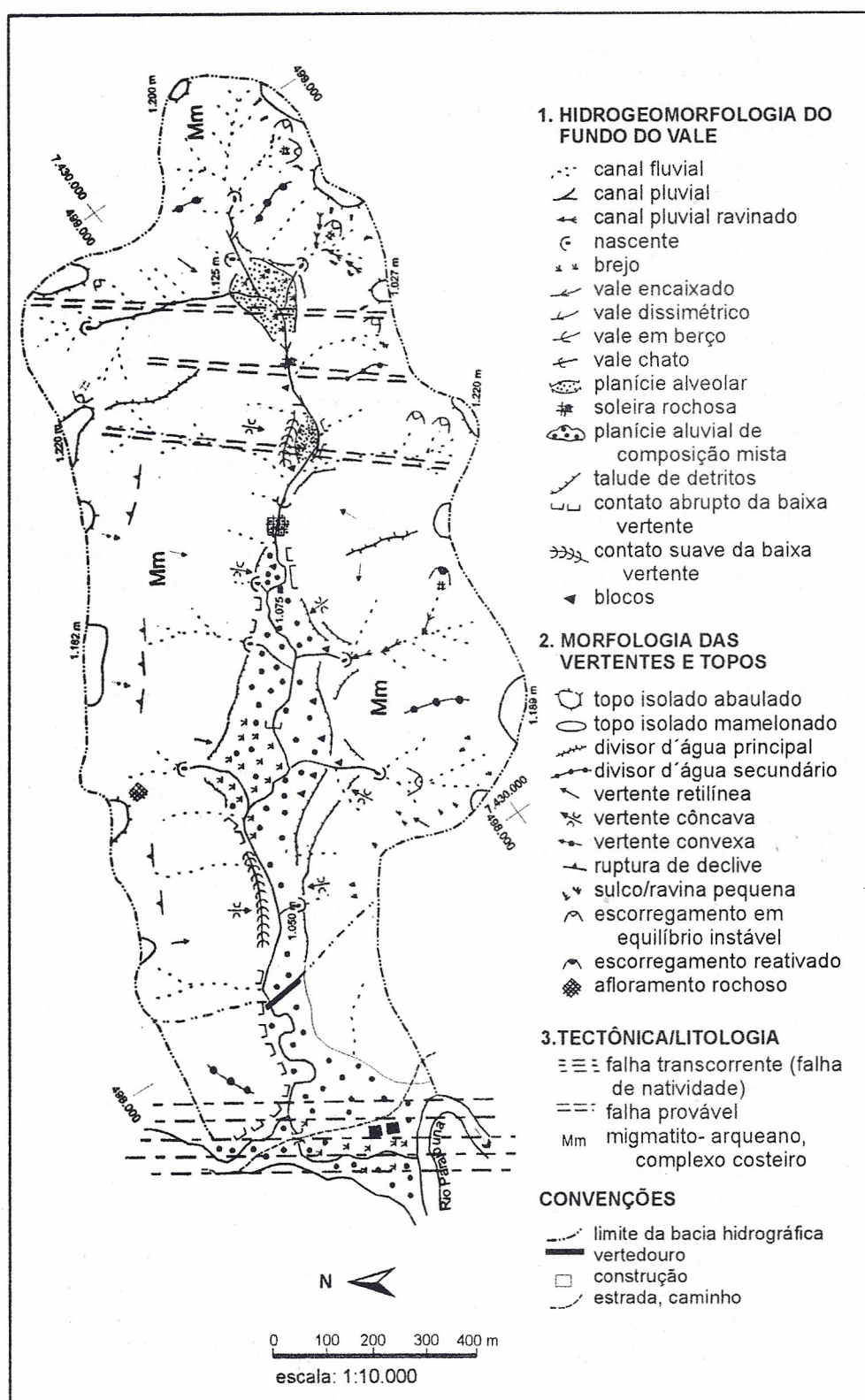


FIGURA 2 - Mapa da geomorfologia da microbacia do ribeirão do Barracão, Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar, SP.

DOMINGUES, E. N.; MATTOS, I. F. de A.; FURIAN, S. M. Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão no Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar - SP.

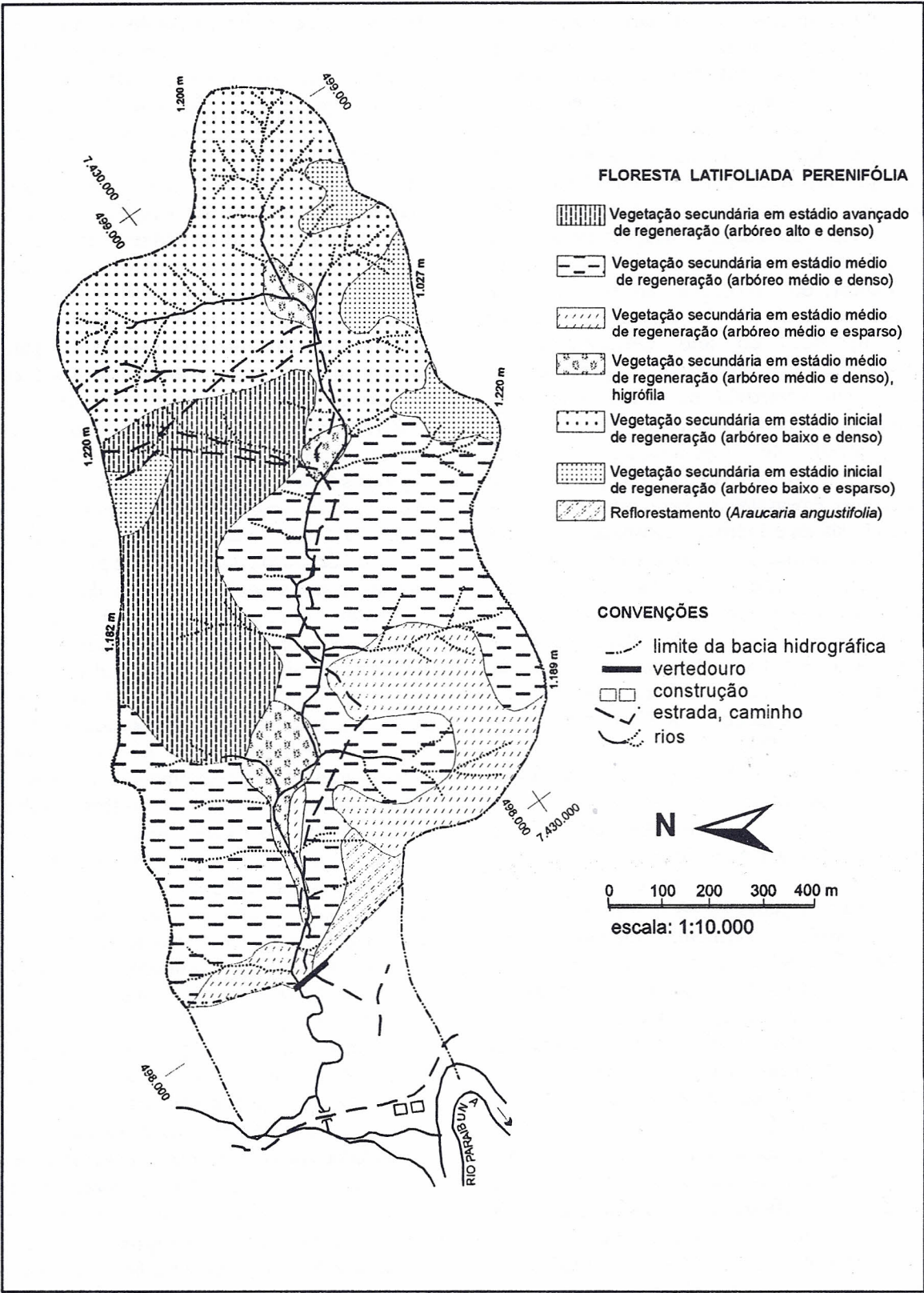


FIGURA 3 - Mapa da cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão, Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar , SP.

Os estádios de desenvolvimento da vegetação estão, nestes locais, diretamente relacionados aos aspectos de dinâmica do relevo, com os quais interagem, influenciando em alguns momentos diretamente no seu processo de recuperação. Assim, há maior intensidade de erosão em alguns trechos na alta microbacia, mais precisamente em áreas representadas pelas altas vertentes e topos abaulados, à margem esquerda do ribeirão principal por serem áreas, preferencialmente, de ocorrência dos processos erosivos do tipo concentrado e também, de constante perda da camada superficial do solo. Observou-se que consequentemente, o processo de regeneração da vegetação vem ocorrendo de forma mais lenta, caracterizando-se como vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, composta, predominantemente, por vegetação de porte arbóreo baixo e esparsa. Provavelmente, tais condições devem-se às altas declividades e às erosões constantes, atribuídas a sulcos e/ou ravinas pequenas e escorregamentos instáveis, isto é, com processos de reativação erosiva e canais ravinados. Tais condições do meio físico são fatores determinantes e desfavoráveis às condições de maior desenvolvimento da vegetação, isto motivado pela dominância da morfogênese sobre a pedogênese, concordando com Garcez (1974) e Domingues *et al.* (1993).

Assim, observou-se que estes processos aliados aos solos pouco profundos, Associação de solos Latossolo Vermelho-Amarelo Álico Epieutrófico textura média fase muito pedregosa pouco profundo mais Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa (LVA 6) e Associação de solos Latossolo Vermelho-Amarelo Álico Epieutrófico fase relevo pouco profundo + solos Litólicos Distróficos fase relevo montanhoso e escarpado substrato granito-gnaiss (LVA 7), citados por Carvalho *et al.* (1990), dificultam o pleno desenvolvimento da mata e favorecem a aceleração dos processos morfogenéticos.

Na alta bacia, de modo geral, a recuperação da vegetação também ocorre de forma lenta, embora se caracterize como arbóreo de porte baixo e denso. Verificou-se que alguns elementos do relevo são limitantes para a regeneração da vegetação, tais como: as altas declividades, as vertentes retilíneas, a maior densidade de canais de drenagem temporários e ainda, a existência de ravinas e sulcos de erosão nas partes mais altas, concordando com Domingues & Sérgio (1989).

O domínio destes limitantes do meio físico conduz à afirmação de que, nestas áreas a perda de solos é maior e constante, como já mencionado, sendo a regeneração da vegetação, bastante lenta.

Além destes fatos, nesta alta microbacia é marcante o encaixamento dos dois cursos d'água principais que formam as nascentes do ribeirão do Barracão, em áreas de fraqueza estrutural, em provável zona de falha, demonstrando outro fator de instabilidade, portanto, de favorecimento dos processos erosivos e desfavorecimento ao melhor desenvolvimento da cobertura vegetal.

Ao longo do canal fluvial principal, nestes setores do alto curso, ocorrem quedas d'água em forma de soleira rochosa, expondo o rejeito estrutural dos migmatitos e indicando que estas falhas obedecem ao prolongamento de falhas regionais (SW-NE), como a "Falha de Natividade". Ao longo do curso d'água, nestas áreas com maior fragilidade estrutural e litológica, há ocorrência também, de grande diversidade de processos erosivos fluviais, como a erosão regressiva das cabeceiras de nascentes secundárias, desbarrancamentos e solapamentos das margens dos canais, resultando na formação dos alvéolos ou planícies alveolares, ou seja, pequenos alargamentos do fundo de vale, entre segmentos de canais com fundo encaixado (FIGURA 2).

Verificou-se que nestes segmentos de canais estreitos há predominância dos processos de entalhamento fluvial, devido ao forte cisalhamento e fraturamento das rochas, em áreas de falhamentos. Por outro lado, as pequenas planícies representam áreas com maior deposição de parte dos sedimentos carregados pelo escoamento superficial pluvial e fluvial dos compartimentos de montante, tanto das vertentes íngremes quanto dos segmentos de montante dos canais de drenagem. Ao longo do canal fluvial principal ocorre, portanto, alternância de segmentos com domínio da ação dos processos de degradação e outros, prevalecendo os processos de acumulação de sedimentos em pequenas planícies fluviais.

Nestas planícies de deposição a vegetação se encontra adaptada à maior umidade e ao maior espessamento da serapilheira, conforme também registraram Custódio Filho *et al.* (1997), caracterizando-se como secundária em estágio médio de regeneração, composta por arbóreo de porte médio e denso, podendo ser encontrada nos locais onde a drenagem superficial é dificultada, seja pelo escoamento superficial ou por dificuldade de infiltração em terrenos pouco inclinados (FIGURAS 2 e 3).

Também, nestes locais há camadas de solos pouco permeáveis e existência de rocha não decomposta próxima à superfície, provocando o maior encharcamento e a ocupação de tais áreas por plantas herbáceas hidrófilas, como a taboa (*Thypha domingensis*) e o lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). Os solos que ocorrem nestes setores se caracterizam como: Solos Glei Húmico Indiscriminado e Solos Glei Pouco Húmico Distrófico, conforme Carvalho *et al.* (1990).

Na alta e na média microbacia do ribeirão do Barracão há destaque para as formas de vertentes retilínea-côncavas, com formas convexas em alguns segmentos próximos aos topos abaulados e, em outros, nas baixas vertentes, em contatos abruptos com o fundo de vale, definindo, preferencialmente, a proximidade do substrato rochoso à superfície, ou mesmo a existência de soleiras rochosas.

No médio curso, nas vertentes do lado direito, observou-se a existência de uma área onde a vegetação se encontra em estágio avançado de regeneração, caracterizada por arbóreo alto e denso. Este estágio de evolução se deve também, aos aspectos do relevo, pois esta área apresenta uma forte ruptura de declive e vertentes retilíneas, além de altas declividades, que dificultaram a retirada da vegetação e o acesso ao local. Portanto, a provável retirada seletiva de árvores e a não retirada total da floresta, como ocorreu no restante da microbacia, proporcionou a permanência do banco de sementes e de melhores condições para um estágio avançado de regeneração da floresta (FIGURAS 2 e 3).

Verificou-se que nas últimas quatro décadas, as condições do relevo (terreno bastante declivoso e quebras pronunciadas nas vertentes), bem como, a não interferência no ambiente possibilitaram a regeneração da floresta, tendo havido não só a sua recuperação bastante acentuada como também a sua ampliação em área de ocorrência. Este fato corrobora afirmações de Aguiar *et al.* (2001), de que neste trecho “as árvores raramente atingem os 20 metros, tendo sido observados alguns indivíduos emergentes com altura em torno dos 23 metros, estando o primeiro dossel com 16 a 20 metros, um dossel intermediário entre 10 e 14 metros e um sub-bosque, relativamente fechado”.

Constatou-se a existência de outro compartimento bastante característico na área, situado na porção esquerda da microbacia, constituído por vegetação secundária em estágio médio de regeneração e composto por arbóreos de porte médio e esparsos. Esta área possui declividades acentuadas, com vários sulcos e ravinas pequenas, em vertentes retilíneas a côncavas e escorregamentos em equilíbrio instável, isto é, equilíbrio muito frágil, em Latossolos Vermelho-Amarelo Álicos, quase todos muito profundos, com erosão laminar ligeira à acentuada, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Solo Aluvial Distrófico, concordando com Carvalho *et al.* (1990). Tais condições provavelmente estão interferindo de modo direto na capacidade de regeneração da vegetação, que para as condições do ambiente, necessita de um tempo maior.

No setor inferior da microbacia, os depósitos de vertentes são comuns e mais expressivos nos médios e baixos compartimentos do relevo. Amenizam as declividades e caracterizam os contatos suaves das baixas vertentes com o fundo do vale, definindo as vertentes côncavas.

Nas baixas vertentes ocorrem colúvios, como depósitos correlativos de escorregamentos, predominando os taludes de detritos, no contato com o fundo de vale. As ressurgências do escoamento subsuperficial são registradas nestes setores de vertente côncava, próximos aos contatos desses depósitos com a rocha alterada, conservando a estrutura original.

Ainda nesta área, visando conter os processos erosivos e a constante perda do solo foram plantadas mudas de *Araucaria angustifolia*, atualmente árvores adultas, com sub-bosque bem formado caracterizando-se por vegetação nativa em franca recuperação, apesar de não ter havido nenhum tipo de manejo (FIGURAS 2 e 3).

O compartimento representado pela vegetação secundária em estágio médio de regeneração, composto por arbóreo de porte médio e denso, é o mais representativo nesta microbacia, ocorrendo nos setores menos íngremes do relevo, ocupando as vertentes retilíneas e vários outros setores do relevo, isto é, topos, altas, médias e baixas vertentes. Tais condições do relevo, com menores declividades e de solos, associadas à grande disponibilidade de água, fazem com que esta área esteja se recuperando de forma bastante rápida.

Portanto, é possível dizer que a recuperação da vegetação desta microbacia está ocorrendo de forma bastante eficiente, considerando-se que há menos de meio século a mata foi completamente retirada e o solo intensamente utilizado para pastoreio, também, pelo fato de a área não ter sido alvo de nenhum tipo de manejo, tendo sido deixada para recuperação natural.

Evidenciando o extrativismo ocorrido anteriormente na área, observou-se a existência de espécies de pouco valor econômico. Este fato é também corroborado por Aguiar *et al.* (2001), os referidos autores revelaram que a distribuição percentual das espécies por categoria sucessional, confirma os efeitos antrópicos ocorridos no passado, existindo grande quantidade de espécies pioneiras e secundárias iniciais (totalizando 48,22%) e as secundárias tardias, somadas as climáceas representam 51,78%. A alta diversidade de espécies pode estar relacionada às “chuvas” de sementes de áreas próximas e dispersão por zoocoria.

5 CONCLUSÕES

A recuperação da cobertura florestal da área ocorre de modo bastante eficiente se considerarmos que a mesma vem acontecendo de forma natural, isto é sem interferência humana. Porém, a recuperação da estabilidade desta microbacia é mais lenta devido a diversos fatores, tais como fortes declividades, acentuada erosão dos segmentos de vertentes mais íngremes, forte influência de falhas e fraturas que são setores de maior fragilidade das rochas e pontos favoráveis para maior ação dos processos erosivos. Estes fatores têm influência direta na recuperação da vegetação, sendo que nestes pontos mais fragilizados a regeneração também se processa de forma mais lenta.

A evolução das vertentes e dos canais fluviais, com setores severamente erodidos e outros com depósitos espessos, é resultante de uma diversificação de processos de entalhes que repercutem numa acentuada alteração das formas dessas vertentes e no rápido espessamento dos horizontes de depósitos dos trechos de fundo dos vales menos encaixados e também, na baixada fluvial, para onde os mesmos são transportados e retrabalhados.

No conjunto, o arranjo da rede de drenagem, a disponibilidade e distribuição dos recursos hídricos têm estreita associação com aspectos do relevo, da estrutura tectônica, aliadas a grandes sistemas de falhas, disposição dos divisores de água e das condições de preservação da vegetação, como demonstrado neste estudo, além obviamente, da interação com outros componentes do meio ambiente.

Assim, a caracterização da evolução do meio biofísico destaca, entre outros fatores, a interdependência da geomorfologia, da geologia, da hidrologia, dos solos, da vegetação, das declividades e do uso e preservação dos recursos naturais, diferenciando as condições da dinâmica dos processos atuais de evolução desta microbacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. A terra paulista. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, v. 23, p. 5-38, 1956.

_____. “Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário”. São Paulo: IGEOG/USP, 1969. 23 p. (Geomorfologia, 18).

_____. *Diretrizes para uma política de preservação de reservas naturais no Estado de São Paulo*. São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 26 p. (Geografia e Planejamento, 30).

AGUIAR, O. T. de *et al.* Flora fanerogâmica de um trecho da floresta densa secundária no Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cunha/Indaiá-SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 1-18, 2001.

ALMEIDA, F. F. M. de. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo: IGEOG/USP, 1974. 110 p. (Série Teses e Monografias, 14).

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. Características do deflúvio de duas microbacias no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha - SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 153-170, 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 750 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

DOMINGUES, E. N.; MATTOS, I. F. de A.; FURIAN, S. M. Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão no Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar - SP.

CARVALHO, W. A. *et al.* Levantamento detalhado dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, SP (Microbacia "D"). *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 127-155, 1990.

CICCO, V. de *et al.* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma microbacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha - SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 57-64, 1995.

COUTINHO, L. M. Contribuição ao conhecimento da ecologia da Mata Pluvial Tropical. *Boletim FFCL-USP*, São Paulo, n. 257, p. 1-219, 1962.

CRUZ, O. Esquema de uma interpretação geomorfológica baseada em fotografias aéreas para o curso secundário. São Paulo: IGEOG/USP, 1966. 10 p. (Orientação, 2).

_____. A geografia física, o geossistema, a paisagem e os estudos dos processos geomórficos. *Bol. de Geogr. Teorética*, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, p. 53-62, 1985.

CUSTÓDIO FILHO, A.; FRANCO, G. A. D. C.; DIAS, A. C. Produção de serapilheira em Floresta Pluvial Atlântica secundária, Parque Estadual da Serra do Mar (Cunha, SP, Brasil). *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 103-110, 1997.

DOMINGUES, E. N. Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra do Cubatão, Serra do Mar - SP. 1983. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____; DIAS, A. C.; MOURA NETTO, B. V. de. O meio biofísico da microbacia do ribeirão dos Fornos, no Parque Estadual de Carlos Botelho - SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 203-229, 1993.

_____; SÉRIO, F. C. Geomorfologia ambiental das escarpas do Núcleo de Caraguatatuba-SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-37, 1989.

FURIAN, S. M.; PFEIFER, R. M. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 183-193, 1986.

FURIAN, S. M. Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha/SP: um esboço metodológico. 1987. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. Morphogenese/pedogenese en milieu tropical humide de la Serra do Mar, Brésil: contribution de la pedogenese a une dynamique actuelle de glissement. 1994. 178 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GARCEZ, L. N. *Hidrologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 249 p.

HASUI, Y. R. dos *et al.* A geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A-IPT, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1978. 78 p. (Monografias, 1).

HUECK, K. As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica. Tradução Hans Richardt. São Paulo: Ed. Polígono e Universidade de São Paulo, 1972. 466 p.

LEITÃO FILHO, H. de F. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. *Anais...* São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 197-206. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 1, Edição especial).

MATTOS, I. F. de A.; MATSUKUMA, C. K. Mapeamento evolutivo da vegetação da Serra do Mar - Cubatão - SP. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, VI, 1990, Campos do Jordão. São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 330-343.

MATTOS, I. F. de A. *et al.* Microbacia do ribeirão Água da Cachoeira em Paraguaçu Paulista, SP. - O uso da terra e sua influência na dinâmica da área. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XII, 1997, Vitória. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Departamento de Geografia, 1997. v. 3, p. 615-622. (Revista Sociedade & Natureza, Edição especial).

DOMINGUES, E. N.; MATTOS, I. F. de A.; FURIAN, S. M. Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão no Núcleo Cunha - Parque Estadual da Serra do Mar - SP.

PRANDINI, F. L. *et al.* O uso e ocupação do solo no Alto Paraíba (I). Contribuição ao conhecimento de sua evolução. CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. *Anais...* São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 1929-1035. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 3, Edição especial).

SPURR, S. H. *Photogrammetry and photointerpretation*. 2. ed. New York: Ronald Press, 1960. 465 p.

STRANG, H. E.; LANNA SOBRINHO, J. de P.; TOSETTI, L. D. Parques estaduais do Brasil, sua caracterização e essências nativas mais importantes. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. *Anais...* São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 1583-1712. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v. 16A, pt. 3, Edição especial).

TRICART, J. Les caracteristiques fondamentales du systeme morphogenetique des pays tropicaux humides. *L' Inform. Geograph.*, Paris, v. 25, n. 4, p. 155-168, 1961.

_____. *Ecodinâmica: recursos naturais e meio ambiente*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, FIBGE/SUPREN, 1977. 91 p.

**CONSERVAÇÃO GENÉTICA *EX SITU* DE *Esenbeckia leiocarpa*,
Myracrodruon urundeuva E *Peltophorum dubium* EM TESTE DE PROGÊNIES MISTO***

Alexandre Magno SEBBENN**

Lígia de Castro ETTORI**

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar a eficiência da conservação *ex situ* da variabilidade genética de três espécies arbóreas tropicais brasileiras, *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium*, em plantio misto, segundo estágios sucessionais. O ensaio misto foi instalado em 1992 na Estação Experimental de Pederneiras do Instituto Florestal de São Paulo, com material de 24 a 26 progênies de polinização aberta, coletadas em populações naturais das espécies no Estado de São Paulo. No ano de 2000 o ensaio foi avaliado para altura total, DAP e sobrevivência. *E. leiocarpa* e *P. dubium* cresceram melhor em plantio combinado, comparativamente a plantios puros. A análise da variância detectou variabilidade genética entre progênies significativas pelo teste F para todos os caracteres nas três espécies. O coeficiente de variação genética entre progênies foi alto para os caracteres nas três espécies, exceto para a sobrevivência de plantas em *E. leiocarpa*. Os coeficientes de herdabilidade foram altos para os caracteres altura e DAP, nas três espécies, indicando que o controle genético é forte e há possibilidade de melhoramento genético via seleção. A amostragem realizada para conservar as espécies garantiu com mais de 98% de probabilidade, a presença de alelos raros (frequência 0,05) e o tamanho efetivo (\hat{N}_e) mostrou-se adequado para a conservação de *E. leiocarpa* e *P. dubium* a curto prazo. Para *M. urundeuva* o \hat{N}_e foi menor que o mínimo requerido para a conservação, sendo portanto, necessário aumentar a amostragem.

Palavras-chave: conservação genética *ex situ*; variação genética; parâmetros genéticos; espécies arbóreas tropicais; teste de progênies combinado.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the genetic variability of three tropical tree species, *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* and *Peltophorum dubium*, grown in mixed plots for *ex situ* genetic conservation. From 24 to 26 open-pollinated families were sampled in populations of each species in São Paulo State in 1992. In the year 2000, the trial was evaluated to tree height, DBH and survival. *E. leiocarpa* and *P. dubium* had better performance in the mixed plots than in reported homogeneous plots. Analysis of variance (F test) detected significant genetic variability among families for all traits in all species. The coefficient of genetic variation among families was high for these traits in all species, except to survival of *E. leiocarpa*. The heritabilities were high for height and DBH in three species, indicating that genetic control of these traits was high and the possibility of genetic improvement by selection was good. The sampling strategies were enough to keep with a high probability rare alleles (frequency 0.05) and the populational effective size (\hat{N}_e) of *E. leiocarpa* and *P. dubium* was sufficient for short-term genetic conservation. To *M. urundeuva*, the \hat{N}_e was smaller than the minimum required for genetic conservation and it is necessary to resample for genetic variation. These results suggest that, in general, the strategy of *ex situ* genetic conservation was efficient.

Key words: *ex situ* genetic conservation; genetic variation; genetic parameters; tropical tree species; combined test of progenies.

1 INTRODUÇÃO

A conservação genética *ex situ* de essências florestais, daquelas que se encontram em risco de extinção, objetiva a manutenção da variabilidade genética fora do seu ambiente natural, para uso atual ou futuro. Com a acelerada fragmentação e exploração dos ecossistemas florestais no último século, muitas espécies

arbóreas brasileiras sofreram uma drástica redução no número e tamanho de suas populações. A redução no número de populações, possivelmente tenha levado à perda de genes adaptados a ambientes específicos de colonização das espécies e a redução contínua no tamanho de muitas populações, pode estar submetendo-as a constantes perdas de variabilidade genética por deriva genética.

(*) Aceito para publicação em dezembro de 2001.

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

A deriva genética, com o passar das gerações, leva ao aparecimento da depressão por endogamia, caracterizada pela redução na capacidade adaptativa às mudanças ambientais, redução na fertilidade, vigor, porte, produtividade, etc. (Allard, 1971; Ritland, 1996; Falconer & Mackay, 1997). Em essências florestais a depressão por endogamia encontra-se bem documentada podendo-se citar, entre outros estudos, o de Sorensen & Miles (1974), Libby *et al.* (1981), Durel *et al.* (1990), Koelewijn *et al.* (1999) e Sebbenn *et al.* (2001).

A perda de populações com características genéticas específicas é hoje, provavelmente, um quadro irreversível, restando apenas a possibilidade de conservar as populações remanescentes. A redução no tamanho das populações pode ser revertida por práticas de manejo de reposição, quando a população for detectada como em vias de extinção ou apresentar níveis altos de endogamia e parentesco e baixo tamanho efetivo. É também necessário, para maior garantia da sobrevivência dessas populações, a conservação *ex situ* da sua variabilidade genética. Para isso, é necessária a atuação em duas diferentes frentes, a genética e a ambiental. A genética refere-se à amostragem de variabilidade genética suficiente que garanta o potencial evolutivo das espécies alvo da conservação. A ambiental refere-se ao fornecimento de características ambientais capazes de garantir condições ótimas para sua plena adaptação. A amostragem adequada das populações e a implantação dos bancos em plantios, combinando várias espécies, pode satisfazer em parte estas necessidades.

Com este intuito, o Programa de Conservação Genética do Instituto Florestal de São Paulo (PCGIF), vem desde 1990, instalando bancos *ex situ* em plantios combinando espécies de vários estágios sucessionais. Um desses ensaios combina três espécies arbóreas nativas brasileiras de ocorrência no Estado de São Paulo, *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., pioneira, *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão, secundária e, *Esenbeckia leiocarpa* Engl., climáxica. Detalhes sobre estas espécies podem ser encontrados em Lorenzi (1992) e Carvalho (1994).

Tendo em vista a alta taxa de fragmentação das florestas do Estado de São Paulo e a importância ecológica e utilitária destas três espécies (Lorenzi, 1992 e Carvalho, 1994), este estudo teve

como principal objetivo avaliar a eficiência amostral da conservação genética *ex situ* em plantio combinando espécies de diferentes estágios sucessionais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e Delineamento Experimental

O banco de conservação *ex situ* foi instalado combinando três espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais: *P. dubium* como pioneira, *M. urundeuva* como secundária e *E. leiocarpa* como climáxica. As sementes utilizadas para o plantio foram originadas de polinização livre. Para o *P. dubium* foram coletadas sementes em 26 árvores, sendo parte retiradas na Estação Ecológica de Bauru e parte em fazenda particular no município de Pederneiras, SP. As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas de 24 árvores em floresta particular no município de Iacanga-SP e em árvores remanescentes ao longo da estrada Bauru-Arealva. Para *E. leiocarpa* foram coletadas sementes de 26 árvores, sendo parte na Estação Ecológica de Caetetus, parte em três fragmentos florestais no município de Boracéia e parte em dois fragmentos no município de Bauru. Para fins da estimativa de parâmetros genéticos assumiu-se que as amostras de cada espécie representavam uma população.

Os municípios onde ocorreram as colheitas se encontram entre as coordenadas geográficas 22° a 23°S, 48° a 50°W, altitude de 500 a 600 m, precipitação média anual entre 1.200 a 1.500 mm e clima tipo Cwa (Ventura *et al.*, 1965/66). O teste de progênies misto com as três espécies foi instalado em 1992 na Estação Experimental de Pederneiras, SP (22°22'S, 48°44'W, altitude 500 m, precipitação média anual de 1.112 mm, solo do tipo Latossolo Amarelo, fase arenosa e clima do tipo Cwa) no delineamento de blocos ao acaso, com 6 repetições e parcelas lineares de 5 plantas. Contudo, devido às fortes geadas ocorridas no ano de 1994, a maioria das mudas de *E. leiocarpa* não resistiu, vindo a morrer. Foram então replantadas usando mudas excedentes do plantio original. O espaçamento entre plantas de mesma espécie foi de 3 x 3 m e entre espécies de 1,5 x 1,5 m (FIGURA 1). Os caracteres altura e DAP foram medidos no ano 2000, quando as espécies estavam com 8 anos de idade.

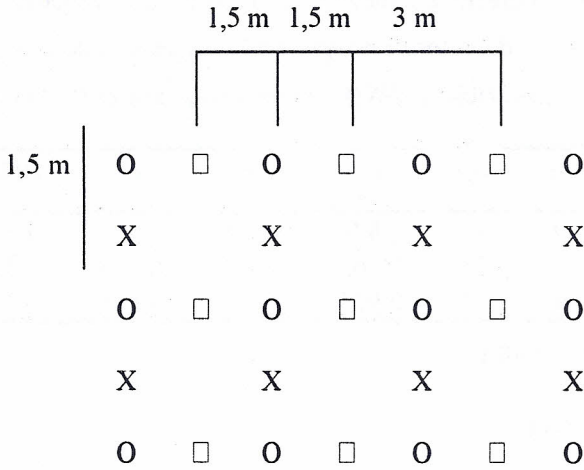


FIGURA 1 - Esquema de plantio misto com *P. dubium* (□), *M. urundeuva* (O) e *E. leiocarpa* (X).

2.2 Análise Estatística

As análises das variâncias para os caracteres foram realizadas em nível de médias de parcelas. Para *P. dubium* e *E. leiocarpa* houve problemas de identificação dos tratamentos no bloco 6, sendo este descartado das análises. Para *E. leiocarpa*, devido à alta mortalidade aos 2 anos de idade, realizou-se uma análise da variância para o caráter sobrevivência de plantas, transformando-se a proporção de plantas sobreviventes por parcela para $\sqrt{x + 0,5}$ (Stell & Torrie, 1980). Foram, então, testadas as hipóteses sobre as variâncias e estimados seus componentes, por caráter, segundo modelo aleatório e expressões:

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

em que, *m* é a média geral; *b_j* é o efeito do bloco *j*; *t_i* é o efeito da progênie *i*; *e_{ij}* é o erro experimental (ou erro entre), ou ainda, o efeito da progênie *i* no bloco *j*. A variância fenotípica dentro das parcelas ($\hat{\sigma}_d^2$) foi obtida pela média ponderada dos quadrados médios dentro das parcelas. A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foi estimada assumindo dois modelos genéticos: i) modelo aleatório (MI), $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_p^2$; ii) modelo misto (MS): $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$, sendo que, $\hat{\sigma}_p^2$ é a estimativa da variância genética entre progênes;

\hat{r}_{xy} é o coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênes de reprodução mista (Ritland, 1989): $\{\frac{1}{4}(1 + \hat{F})[4\hat{S} + (\hat{t}^2 + \hat{S}\hat{t}\hat{r}_s)(1 + \hat{r}_p)]\}$; em que, \hat{S} = taxa de autofecundação; \hat{t}_m = taxa de cruzamento multilocos; \hat{r}_s = correlação de auofecundação; \hat{r}_p = correlação de paternidade; \hat{F} = índice de fixação na geração parental. A aplicação do modelo completo de Ritland (1989) requer a avaliação de progênes de autofecundações, irmãos-completos e meios-irmãos, para se obter todos os componentes quadráticos da variância genética entre progênes. Como as plantas ensaiadas foram originadas de polinização aberta e não se conhecia exatamente a relação de parentesco entre estas, os componentes referentes à variância genética de dominância (σ_D^2), covariância entre efeitos aditivos e de dominância dos homozigotos (*D*₁), variância genética dos efeitos de dominância dos homozigotos (*D*₂) e, o quadrado da depressão por endogamia (*H*) não puderam ser estimados, sendo assumidos como nulos. Como o sistema de reprodução das espécies não foi aqui avaliado, os parâmetros *S*, *t_m*, *r_s*, *r_p* e *F* foram inferidos da literatura (TABELA 1).

TABELA 1 - Populações (Pop.), número de locos (*nl*), número de progênes (*np*), taxa de cruzamento multilocos (\hat{t}_m), taxa de autofecundação (\hat{S}), correlação de paternidade (\hat{r}_p), proporção de indivíduos de autofecundação (*P[IS]*), irmãos-completos (*P[IC]*) e meios-irmãos (*P[MI]*).

| Espécie | Pop. | <i>nl</i> | <i>np</i> | \hat{t}_m | \hat{S} | \hat{r}_p | <i>P[IS]</i> | <i>P[IC]</i> | <i>P[MI]</i> |
|----------------------------------|---------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>P. dubium</i> ^a | Média | 9 | --- | 0,874 | 0,126 | --- | 0,126 | --- | --- |
| <i>M. urundeuva</i> ^b | Bauru | 3 | 25 | 0,562 | 0,438 | 0,665 | 0,438 | 0,373 | 0,188 |
| <i>E. leiocarpa</i> ^c | Ibicatu | 9 | 10 | 0,925 | 0,075 | 0,986 | 0,075 | 0,912 | 0,013 |

- (a) Média de 14 populações (Mori, 2000).
(b) Pop. Bauru (Moraes, 1993).
(c) Pop. Ibicatu (Seoane *et al.*, 2001).

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2), entre médias de progênes (\hat{h}_m^2), dentro de progênes (\hat{h}_d^2) e coeficiente de variação genética entre progênes (*CV_g*) foram obtidas segundo Vencovsky (1969).

A probabilidade de amostrar um alelo de frequência *q*, em um loco, foi estimada pela probabilidade de amostrar separadamente progênes de autofecundação, irmãos-completos e meios-irmãos, ponderada pelas suas respectivas proporções nas populações. A probabilidade de uma amostra de *m* árvores maternas alógamas conter um alelo de frequência *q*, em um loco, quando são coletadas *k* sementes de indivíduos de autofecundação (*P[IS]*), irmãos-completos (*P[IC]*) e meios-irmãos (*P[MI]*) é, segundo Brown & Hardner (2000):

$$P[IS] = \left[1 - 2q \left(1 - \frac{1}{2^k} \right) \right]^m$$
$$P[IC] = \left[1 - 2q \left(1 - \frac{1}{2^k} \right) \right]^{2m}$$
$$P[MI] = (1 - q)^{mk} \left[1 - 2q \left(1 - \frac{1}{2^k} \right) \right]^m$$

A probabilidade simultânea de amostrar um alelo *q*, foi então obtida por:

$$P[IS; IC; MI] = AxP[IS] + BxP[IC] + CxP[MI],$$

em que, *A* = *k_(IS)*/*k*, é a proporção de irmãos de autofecundação (*k_(IS)*); *B* = *k_(IC)*/*k* é a proporção de irmãos-completos (*k_(IC)*), e *C* = *k_(MI)*/*k*, é a proporção de meios-irmãos (*k_(MI)*). Tem-se assim, que em um conjunto de *k* plantas originadas de polinização aberta de uma espécie de reprodução mista, *A* + *B* + *C* = 1. As proporções de cada tipo de progênes nas espécies encontram-se na TABELA 1. O tamanho efetivo (\hat{N}_e) foi estimado considerando as espécies como de reprodução aleatória e mista, antes e após a seleção. O tamanho efetivo para espécies de reprodução aleatória foi estimado com base em Vencovsky (1978):

$$\hat{N}_{e(MI)} = \frac{4m\bar{n}}{\frac{\hat{\sigma}_n^2}{\bar{n}} + \bar{n} + 3}$$

em que, *m* é o número de progênes; \bar{n} é a média do número de plantas por progênic, e $\hat{\sigma}_n^2$ é a estimativa da variância do número de plantas por progênes.

O tamanho efetivo para espécies de reprodução mista foi estimado com base em Sebbenn *et al.* (2001)*:

$$\hat{N}_e = \left(\frac{1}{2\hat{\theta}} \right) m$$

em que, $\hat{\theta}$ é o coeficiente de parentesco médio dentro das progênes e *m* é o número de progênes.

(*) SEBBENN, A. M.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y. Tamanho e número de populações para a conservação *in situ* e *ex situ* de essências florestais. Instituto Florestal, 2001. 54 p. (Em preparação).

$$\hat{\theta} = \frac{k^2}{0,25k_{IS}[1-F+2k_{IS}(1+F)]+0,25(1+F)k_{IC}(1+k_{IC})+0,125(1+F)k_{MI}(3+k_{MI})+0,25(1+F)[2k_{IS}(k_{IC}+k_{MI})+k_{IC}k_{MI}]}$$

em que, $k_{IS} = \hat{S}k$ é a proporção de progênies de irmãos de autofecundação; $k_{IC} = \hat{r}_p \hat{t}_m k$ é a proporção de progênies de irmãos-completos; $k_{MI} = (\hat{t}_m - \hat{r}_p \hat{t}_m)k$ é a proporção de progênies de meios-irmãos; $k = k_{IS} + k_{IC} + k_{MI}$ é o número de plantas por progênie; \hat{t}_m é a taxa de cruzamento multilocos; \hat{S} é a taxa de autofecundação, e \hat{r}_p é a correlação de paternidade. Para estas estimativas, deve-se contudo, assumir que as proporções de irmãos de autofecundação, irmãos-completos e meios-irmãos são constantes para todos os cruzamentos individuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância e a estimativa dos parâmetros genéticos para os caracteres nas espécies são apresentados na TABELA 2. A análise da variância detectou variabilidade genética entre progênies, significativas pelo teste F, para os caracteres nas três espécies, indicando a possibilidade de ganhos com a seleção entre progênies nas espécies.

A detecção de diferenças significativas para sobrevivência em *E. leiocarpa*, mostra que a espécie apresenta variabilidade genética potencial para adaptação na região de Pederneiras e a possibilidade de seleção das melhores progênies para resistência à geadas. Já as outras duas espécies apresentaram taxa de sobrevivência maior que 97%, indicando adaptação ao local de experimentação.

Os valores do coeficiente de variação experimental (CV_{exp}) variaram de baixos (12,3%) a médios (27,9%), mostrando razoável controle experimental. Foram observados valores médios de CV_{exp} para DAP (27,9%) e ALT (20,4%) em *E. leiocarpa* e para ALT (22,8%) em *P. dubium*. Para o restante das análises o CV_{exp} foi baixo. Os maiores valores de CV_{exp} para *E. leiocarpa* podem ser atribuídos à transformação de parte dos dados, para corrigir os efeitos do replantio aos 3 anos de experimentação.

O comportamento do crescimento médio e incremento médio anual (IMA) dos caracteres altura e DAP, entre as três espécies, apresentou-se de acordo com o esperado pela teoria de sucessão, ou seja, *P. dubium*, a espécie pioneira, teve o maior desenvolvimento, seguida de *M. urundeuva*, a espécie secundária, e de *E. leiocarpa*, a climáxica (TABELA 2).

O incremento médio anual (IMA) permite comparar os crescimentos observados para as espécies, com outros relatados na literatura. O IMA observado para altura de *E. leiocarpa* (0,58 m) foi muito superior ao encontrado por Vitti *et al.* (1992) para 14 progênies procedentes de Bauru (0,13 m) e 19 progênies procedentes de Ibicatu (0,20 m) (TABELA 3), plantadas na Estação Experimental de Anhembi-SP, sugerindo melhor adaptação da espécie às condições edafoclimáticas de Pederneiras e/ou devido ao plantio misto. O IMA observado para altura de *M. urundeuva* (0,89 m) foi menor que o observado por Moraes *et al.* (1992), aos 4 anos, em plantio puro, para 28 progênies procedentes de Bauru (0,97 m) e 28 procedentes de Selvíria (0,92 m), plantadas em Selvíria. Oliveira *et al.* (2000) observaram em *M. urundeuva* aos 23 meses de idade, maior crescimento em altura, sobrevivência, melhor forma e menor número de ramificações em relação ao fuste principal, em ensaio misto, comparativamente ao ensaio puro. Por sua vez, o IMA detectado para altura (1,14 m) e DAP (1,26 cm) aos 8 anos em *P. dubium*, foram maiores que os reportados por Sebbenn *et al.* (1999) para 28 progênies também procedentes de Bauru (Pop. I, ALT = 1,05 m e DAP = 1,16 cm, respectivamente) e 30 progênies procedentes de Alvorada do Sul-PR (Pop. II, ALT = 1,04 m e DAP = 1,25 cm, respectivamente), plantadas em plantio puro no mesmo local de experimentação (Pederneiras). Os maiores crescimentos observados para *P. dubium* e *E. leiocarpa* em plantio misto, comparativamente aos observados na literatura em plantios puros, de modo geral, sugerem que o plantio misto é vantajoso para a adaptação e desenvolvimento das espécies, resultando em maiores IMA.

TABELA 2 - Graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM), significância da análise da variância, coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), média de crescimento e incremento médio anual (IMA), coeficiente de variação genética (CV_g), variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), coeficiente de herdabilidade no sentido restrito em nível de plantas (\hat{h}_i^2), para a média das progênes (\hat{h}_m^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2), para os caracteres DAP, altura (ALT) e sobrevivência (SOB) para *P. dubium*, *M. urundeuva* e *E. leiocarpa*.

| FV | Peltophorum dubium | | | Myracrodruon urundeuva | | | Esenbeckia leiocarpa | | | |
|-------------------------|--------------------|-----------|-----------|------------------------|----------|----------|----------------------|----------|----------|------------------------|
| | GL | DAP (cm) | ALT (m) | GL | DAP (cm) | ALT (m) | GL | DAP (cm) | ALT (m) | SOB |
| Blocos | 4 | 3,4786** | 10,8666** | 5 | 2,4042** | 2,7527** | 4 | 2,8197** | 2,5170** | 0,0375*** ^a |
| Progenies | 25 | 15,0412** | 9,3908** | 23 | 4,7707** | 4,0654** | 25 | 0,5234** | 0,9226** | 0,0174** ^a |
| Erro | 100 | 1,6452 | 4,3647 | 115 | 0,9231 | 0,7757 | 95 | 0,2298 | 0,3564 | 0,0102 ^a |
| Dentro | 513 | 1,1922 | 3,6314 | 558 | 1,0040 | 0,7482 | 395 | 0,7058 | 0,4578 | |
| CV _{exp} (%) | | 12,74 | 22,8 | | 14,2 | 12,3 | | 27,9 | 20,4 | 12,7 |
| Média | | 10,08 | 9,15 | | 6,75 | 7,15 | | 2,00 | 2,92 | 13,7 |
| IMA | | 1,26 | 1,14 | | 0,45 | 0,89 | | 0,40 | 0,58 | --- |
| CV _g (%) | | 16,2 | 10,96 | | 13,0 | 11,3 | | 12,1 | 11,5 | 4,78 |
| $\hat{\sigma}_A^2$ (MI) | | 10,7168 | 4,0209 | | 3,0780 | 2,6318 | | 0,2349 | 0,4530 | --- |
| \hat{h}_i^2 (MI) | | 1,33 | 0,28 | | 0,64 | 0,48 | | 0,28 | 0,54 | --- |
| \hat{h}_m^2 (MI) | | 0,89 | 0,54 | | 0,83 | 0,84 | | 0,56 | 0,61 | 0,41 |
| \hat{h}_d^2 (MI) | | 1,71 | 0,26 | | 0,59 | 0,39 | | 0,25 | 0,74 | --- |
| $\hat{\sigma}_A^2$ (MS) | | 6,2284 | 2,3368 | | 2,6197 | 1,4845 | | 0,1166 | 0,2251 | --- |
| \hat{h}_i^2 (MS) | | 0,77 | 0,16 | | 0,27 | 0,08 | | 0,14 | 0,27 | --- |
| \hat{h}_d^2 (MS) | | 0,76 | 0,12 | | 0,14 | 0,04 | | 0,08 | 0,24 | --- |

(*) $P \geq 0,05$

(**) $P \geq 0,01$.

(a) ANAVA com dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

MI = modelo aleatório; MS = modelo misto (Ritland, 1989); Sob = sobrevivência aos 2 anos em *E. leiocarpa*; *E. leiocarpa* - sobrevivência = 86%; *M. urundeuva* sobrevivência = 97,5%; *P. dubium* sobrevivência = 98,9%.

Nota: não foram apresentadas as estimativas da herdabilidade em nível de média de progênes para o modelo misto [\hat{h}_i^2 (MS)], porque como esta utiliza apenas a variância genética entre progênes no seu cálculo, ela é idêntica a estimativa obtida para o modelo aleatório (MI).

TABELA 3 - Número de progênes (np), média (\bar{X}), incremento médio anual (IMA), coeficiente de variação genética (CV_g), coeficiente de herdabilidade restrito em nível de plantas (\hat{h}_i^2), média de progênes (\hat{h}_m^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2).

| Espécie | População | Local | Id. | Caráter | np | \bar{X} | IMA | CV_g (%) | \hat{h}_i^2 | \hat{h}_m^2 | \hat{h}_d^2 |
|----------------------------------|--------------------|-------|-----|----------|------|-----------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>P. dubium</i> ^c | Bauru ^d | PE | 8 | ALT (m) | 28 | 8,43 | 1,05 | 6,6 | 0,39 | 0,61 | --- |
| | Bauru ^d | PE | 8 | DAP (cm) | 28 | 9,29 | 1,16 | 12,4 | 0,54 | 0,81 | --- |
| <i>M. urundeuva</i> ^b | Bauru | SE | 3,5 | ALT (m) | 28 | 3,87 | 0,97 | 3,3 | 0,08 | 0,13 | 0,09 |
| | Selvíria | SE | 3,5 | ALT (m) | 28 | 3,68 | 0,92 | 3,1 | 0,07 | 0,16 | 0,06 |
| <i>E. leiocarpa</i> ^a | Bauru | AN | 3 | ALT (m) | 14 | 0,51 | 0,13 | 19,2 | 0,85 | --- | --- |
| | Ibicatu | AN | 3 | ALT (m) | 19 | 0,59 | 0,20 | 14,3 | 0,68 | --- | --- |

(a) Vitti *et al.*, 1992.

(b) Moraes *et al.*, 1992.

(c) Sebbenn *et al.*, 1999.

(d) Refere-se à Pop. I, no texto original.

PE = Pederneiras-SP; SE = Selvíria-MS; AN = Anhembi-SP; Id = idade; np = número de progênes.

Como existem relatos de que estas espécies apresentam sistema misto de reprodução (Moraes, 1993; Lacerda, 1997; Mori, 2000; Scoane *et al.*, 2000) e diferentes graus de parentesco dentro das progênes (TABELA 1), estimou-se a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2), assumindo as progênes como meios-irmãos (MI) e como de reprodução mista (MS) (TABELA 2).

O coeficiente de variação genética entre progênes (CV_g) foi alto (> 10%) para os caracteres DAP e altura nas três espécies, revelando que as espécies têm potencial para a conservação genética e em concordância ao teste F da análise da variância, que as espécies têm potencial para a seleção entre progênes. O CV_g encontrado para altura em *E. leiocarpa* foi menor que o reportado por Vitti *et al.* (1992). Já o CV_g encontrado para altura em *M. urundeuva* e altura e DAP em *P. dubium* foram maiores que os apresentados por Moraes *et al.* (1992) e Sebbenn *et al.* (1999), respectivamente (TABELA 3).

Os altos valores encontrados para o CV_g nas espécies devem estar associados à extensão da amostragem realizada. A coleta de sementes em

áreas amplas e em árvores isoladas, em beiras de estradas, campos, pastagens, etc., reduz a probabilidade de amostrar indivíduos aparentados, mas aumenta a probabilidade de incluir progênes de autofecundação e irmãos-completos nos testes, fatores que podem aumentar a variância genética entre progênes. Árvores isoladas em espécies autocompatíveis podem praticar taxas maiores de autofecundações e/ou cruzamentos preferenciais do que árvores estabelecidas em agrupamentos densos, devido ao comportamento forrageiro dos polinizadores visitando flores dentro da mesma árvore ou visitando sistematicamente árvores próximas. Murawski & Hamrick (1991) observaram que a densidade populacional e a densidade de florescimento individual influenciava a taxa de cruzamento em 9 espécies arbóreas tropicais. Baixas densidades populacionais e densidade de florescimento propiciavam menores taxas de cruzamento. Progênes de polinização livre, coletadas em árvores isoladas ou espacialmente dispersas que praticarem altas taxas de autofecundações ou cruzamentos preferenciais terão maior covariância genética dentro de progênes, gerando maior variância genética entre progênes. Assim, as progênes ensaiadas podem ser constituídas de meios-irmãos, irmãos-completos e/ou irmãos de autofecundação, o que explicaria a alta variação genética observada entre progênes.

O coeficiente de herdabilidade para a média das progênes (\hat{h}_m^2) foi alto para todos os caracteres nas três espécies (mínimo de 0,41 para sobrevivência em *E. leiocarpa*), indicando um forte controle genético dos caracteres e alto potencial para o melhoramento genético via seleção de progênes, em especial para DAP em *P. dubium* e DAP e ALT em *M. urundeuva*.

Os coeficientes \hat{h}_i^2 e \hat{h}_d^2 para altura e DAP variaram de médios (0,15 a 0,30) a altos (> 0,30), para o modelo aleatório (meios-irmãos) e, de baixos (< 0,15) a altos, para o modelo misto, mostrando potencial para o melhoramento genético via seleção massal.

O modelo aleatório não se ajustou aos dados de DAP em *P. dubium*, apresentando valores maiores do que 1,0, sendo desta forma, inadequado para a estimativa da variância genética aditiva e coeficientes de herdabilidade. Estimativas de herdabilidades superiores a 1,0 em espécies arbóreas tropicais também foram observadas por Siqueira *et al.* (1986) e Sebbenn *et al.* (1999) para *P. dubium* e por Etori *et al.* (1995) para *Tabebuia vellosi*. O modelo aleatório estaria superestimando a quantidade de variância genética aditiva existente entre progênes ($\sigma_A^2 = 4\sigma_p^2$). Em progênes de meios-irmãos a covariância dentro de progênes estima 1/4 da variância genética aditiva (σ_A^2). As possíveis causas para isso são desvios de cruzamentos aleatórios e endogamia na geração parental (Namkoong, 1966; Squillace, 1974; Surles *et al.*, 1990). A utilização do modelo misto ajustou as estimativas da $\hat{\sigma}_A^2$ e dos coeficientes de herdabilidade. Para o DAP, em *P. dubium*, os coeficientes \hat{h}_i^2 e \hat{h}_d^2 foram corrigidos para valores menores do que 1,0 (TABELA 2), indicando que o modelo misto é mais adequado para descrever o comportamento genético da espécie, comparativamente ao modelo aleatório. Entretanto, os coeficientes \hat{h}_i^2 e \hat{h}_d^2 medem, praticamente, o mesmo efeito, a herança dos caracteres em nível de plantas individuais e média individual dentro de progênes, sendo portanto, esperado que apresentem valores similares entre si. Em concordância, na grande maioria das estimativas de \hat{h}_i^2 e \hat{h}_d^2 reportadas na literatura para essências

florestais apresentam valores similares. Todavia, isto não aconteceu na maior parte das estimativas aqui obtidas, indicando inconsistência nos resultados e que ambos os modelos foram inadequados para descrever a herança dos caracteres nas espécies. Simplesmente redistribuir a variância genética aditiva entre e dentro de progênes não resolve o problema das estimativas de herdabilidade. Na presença de sistema misto de reprodução, outros componentes genéticos são incorporados e redistribuídos entre e dentro de progênes, como a variância de dominância (σ_D^2), covariância entre efeitos aditivos e de dominância dos homozigotos (D_1), variância genética dos efeitos de dominância dos homozigotos (D_2) e, o quadrado da depressão por endogamia (H). Mas, para estimar estes componentes é necessário avaliar simultaneamente progênes de autofecundação, irmãos-completos e meios-irmãos ou, quando as sementes forem originadas de polinização livre, conhecer com precisão a relação de parentesco entre todas as plantas ensaiadas. Também é necessário estimar a taxa de cruzamento, autofecundação, correlação de paternidade, correlação de autofecundação do evento reprodutivo que deu origem às sementes e o índice de fixação da geração parental. De posse destas informações é possível estimar todos os componentes da variância genética, responsáveis pela herança dos caracteres. Assim, a inadequação dos dados ao modelo misto pode ser atribuída ao fato de que os parâmetros do sistema de reprodução foram inferidos da literatura e, os componentes σ_D^2 , D_1 , D_2 e H , foram assumidos como nulos.

Na TABELA 4 são apresentadas as probabilidades de amostrar um alelo de frequência 0,05, em um loco, e o tamanho efetivo populacional, assumindo que as progênes de cada espécie apresentam diferentes misturas de parentescos, ou seja, irmãos de autofecundação (IS), irmãos-completos (IC) e meios-irmãos (MI). Para o caso de *M. urundeuva*, também foi considerada a possibilidade de ocorrer autofecundações (5%), porque apesar da espécie ser citada como dióica, existem relatos da presença de flores monóicas (Carvalho, 1994) e, Moraes (1993) e Lacerda (1997) encontraram estimativas da taxa de cruzamento menor do que 1,0.

TABELA 4 - Número de progênies (m), número médio de plantas por progênies (\bar{k}), probabilidade de amostrar um alelo de frequência 0,05, em um loco ($P[MS]$), tamanho efetivo em progênies de meios-irmãos ($\hat{N}_{e(MI)}$) e progênies de sistema misto ($\hat{N}_{e(MS)}$), antes e após a seleção.

| Espécie | m | \bar{k} | Antes da Seleção | | | Após a Seleção | | |
|----------------------------------|-----|-----------|------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| | | | $P[MS]$ | $\hat{N}_{e(MI)}$ | $\hat{N}_{e(MS)}$ | $P[MS]$ | $\hat{N}_{e(MI)}$ | $\hat{N}_{e(MS)}$ |
| <i>P. dubium</i> ^a | 26 | 24,7 | 0,989 | 92,7 | 65,7 | 0,987 | 69,3 | 54,5 |
| <i>M. urundeuva</i> ^b | 24 | 29,2 | 0,993 | 87,0 | 42,7 | 0,992 | 60,0 | 36,9 |
| <i>E. leiocarpa</i> ^c | 26 | 18,5 | 0,987 | 87,3 | 70,0 | 0,986 | 69,3 | 57,6 |

(a) [15% IS; 42,5% IC; 42,5% MI].

(b) [42% IS; 38% IC; 20% MI].

(c) [5% IS; 55% IC; 40% MI].

IS = irmãos de autofecundação; IC = irmãos-completos; MI = meios-irmãos.

Foi selecionada uma planta por parcela em cada espécie.

A probabilidade esperada da amostra realizada reter um alelo de frequência 0,05 (alelo raro) em um loco foi alta para as três espécies (> 98%). Da mesma forma, o tamanho efetivo populacional estimado considerando as espécies como de sistema misto foi para *E. leiocarpa* e *P. dubium* superior ao mínimo sugerido (50) por Frankel & Soulé (1981) para conservação de uma espécie a curto prazo (10 gerações). *M. urundeuva* apresentou \hat{N}_e inferior a 50, indicando a necessidade de reamostragem para efetiva conservação genética *ex situ*.

O tamanho efetivo variou nas três espécies entre o modelo aleatório e o modelo misto antes e após a seleção. Considerando as progênies como meios-irmãos o tamanho efetivo foi sempre maior relativamente ao modelo de reprodução mista. Antes da seleção, o tamanho efetivo reduziu 29,3% para *P. dubium*, 50,9% para *M. urundeuva* e 19,8% para *E. leiocarpa*. Após a seleção, a redução foi 21,4%, 46,7% e 16,9% para *P. dubium*, *M. urundeuva* e *E. leiocarpa*, respectivamente. Como em progênies de meios-irmãos cada filho recebe pólen de um pai diferente, uma progênie de tamanho infinito (> 1.000 plantas) pode representar até quatro parentais ($4m$, sendo m o número de progênies ou matrizes das progênies) (Crow & Kimura, 1970). Em progênies de reprodução mista, como ocorre a mistura de progênies de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação, o tamanho efetivo será sempre menor e o limite de representatividade genética de uma progênie estará entre o limite de

meios-irmãos ($4m$) e irmãos de autofecundação ($1m$), sendo a tendência para um ou outro limite dada pela maior proporção dos diferentes tipos de progênies. Por exemplo, como *M. urundeuva* apresentava a maior proporção de progênies de autofecundação (TABELA 1), a redução observada no tamanho efetivo foi maior (mínimo 46,7 %), comparativamente às outras espécies.

De acordo com as probabilidades de amostragem e com o tamanho efetivo populacional, pode-se afirmar que a estratégia amostral adotada foi eficiente para a conservação de alelos raros nas espécies e que *E. leiocarpa* e *P. dubium* apresentam potencial evolutivo para sua conservação genética *ex situ*. Entretanto, a transformação do ensaio em um pomar de sementes por mudas pode tornar a conservação *ex situ* mais eficiente e segura, por recombinar e dispersar o material ensaiado em várias áreas de reflorestamento. Assim, visando à futura transformação do ensaio em um pomar de sementes por mudas, simulou-se a seleção de uma planta por parcela, visando à redução da probabilidade de cruzamentos entre irmãos e o aparecimento de endogamia. O manejo do banco, com a seleção de cinco a seis plantas por progênie (uma planta por bloco), praticamente não alterou a probabilidade de retenção de alelos de frequência 0,05 ($P > 0,98$), mas alterou o tamanho efetivo das espécies (TABELA 4). O tamanho efetivo de *E. leiocarpa* e de *P. dubium* manteve-se acima do mínimo requerido (50), porém o de *M. urundeuva* ficou muito abaixo deste (36,9). Mesmo assim, é mais interessante realizar o manejo e obter sementes não endogâmicas do que não manejar e obter sementes com alto grau de endogamia.

4 CONCLUSÕES

Os maiores crescimento e incrementos médios anuais (IMA) foram observados para *P. dubium*, seguido de *M. urundeuva* e *E. leiocarpa*.

A análise da variância detectou variabilidade genética entre progênes significativas pelo teste F e o coeficiente de variação genética entre progênes foi alto para os caracteres altura e DAP, nas três espécies, revelando potencial para a conservação genética *ex situ* das populações.

Os coeficientes de herdabilidade foram altos para as os caracteres altura e DAP, nas três espécies, indicando forte controle genético e existe a possibilidade de melhoramento genético das espécies via seleção.

A amostragem realizada para conservação foi suficiente para reter pelo menos um alelo raro em cada espécie.

O tamanho efetivo mantido no ensaio é suficiente para a conservação de *E. leiocarpa* e *P. dubium* no curto prazo, mas insuficiente para *M. urundeuva*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.
- 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.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CROW, J. F. KIMURA, M. A. **An introduction to population genetics theory**. London: Harper Row, 1970. 591 p.
- DUREL, C. E.; BERTIN, P.; KREMER, A. Relationship between inbreeding depression and inbreeding coefficient in Maritime Pine (*Pinus pinaster*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 92, p. 341-350, 1990.
- ETTORI, L. de C. *et al.* Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de ipê-amarelo (*Tabebuia vellosi* Tol.) através de teste de procedências e progênes. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 157-168, 1995.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow: Longman, 1997. 463 p.
- FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327 p.
- KOELEWIJN, H. P.; KOSKI, V.; SAVOLAINEN, O. Magnitude and timing of inbreeding depression in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). **Evolution**, San Francisco, v. 53, n. 3, p. 758-768, 1999.
- LACERDA, C. M. B. **Diversidade genética por isoenzimas em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Freire, F. & M.F. Allemão), Anacardiaceae no semi-árido**. 1997. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- LIBBY, W. J.; McCUTCHAN, B. G.; MILLAR, C. I. Inbreeding depression in self of Redwood. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 30, p. 15-25, 1981.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 302 p.
- MORAES, M. L. T. *et al.* Variação genética em duas populações de aroeira (*Astronium urundeuva* - (Fr. All.) Engl. - Anacardiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1241-1245. (**Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 4, n. único, pt. 4, Edição especial).
- 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) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. de C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênes misto.

MORI, E. S. **Estrutura genética de populações naturais de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.** 2000. 145 f. Tese (Livro Docência em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MURAWSKI, D. A.; HAMRICK, J. L. The effect of the density of flowering individuals on the mating systems of nine tropical tree species. *Heredity*, Lund, v. 67, p. 167-174, 1991.

NAMKOONG, G. Inbreed effects on estimation of genetic additive variance. *Forest Science*, Washington, v. 12, p. 8-13, 1966.

OLIVEIRA, S. A. *et al.* Variação genética em progênes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. *Evolution*, San Francisco, v. 43, n. 4, p. 848-859, 1989.

_____. Inferring the genetic basis of inbreeding depression in plants. *Genome*, Ottawa, v. 39, p. 1-8, 1996.

SEBBENN, A. M. *et al.* Interação genótipo ambiente na conservação *ex situ* de *Peltophorum dubium*, em duas regiões do Estado de São Paulo. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 75-89, 1999.

SEBBENN, A. M. *et al.* Depressão por endogamia em populações de jequitibá-rosa. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 61-81, 2001.

SEOANE, C. E. C.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Efeitos da fragmentação florestal sobre a estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 57, p. 123-139, 2000.

_____, SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de cruzamento em populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-26, 2001.

SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* Conservação dos recursos genéticos da guarucaia - *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, v. 40A, p. 302-313, 1986. pt. 2. (Edição especial).

SORENSEN, F. C.; MILES, R. Self-pollinization effects on Douglas-Fir and Ponderosa pine seeds and seedlings. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 23, n. 5, p. 135-138, 1974.

SQUILLACE, A. E. Average genetic correlation among offspring from open-pollinated forest trees. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 23, p. 149-156, 1974.

STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach.** New York: McGraw-Hill Book, 1980. 481 p.

SURLES, S. E. *et al.* Genetic relatedness in open-pollinated families of two leguminous tree species, *Robinia pseudoacacia* L. and *Gleditsia triacanthos* L. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 80, p. 49-56, 1990.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. **Melhoramento e genética.** São Paulo: Edições Melhoramento, 1969. p. 17-38.

_____. Effective size of monoecious populations submitted to artificial selection. *Brazil Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v. 1, n. 3, p. 181-191, 1978.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, v. 4, p. 57-139, 1965/1966.

VITTI, A. P. *et al.* Estrutura genética em populações de *Cecropia cinerea* e *Esenbeckia leiocarpa* plantadas segundo a sucessão secundária. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., São Paulo, 1992. *Anais...* São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1209-1212. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, único, pt. 4, Edição especial).

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(ÕES)**; **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 sequencialmente 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: SDA/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 - Polonordeste**. 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.l.]: 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