



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO FLORESTAL



REVISTA DO INSTITUTO FLORESTAL

Rev. Inst. Flor.

São Paulo

v. 17

n. 2

SUMÁRIO/CONTENTS

	p.
Conseqüências do manejo florestal no sistema de reprodução de <i>Tabebuia cassinoides</i> (Lamarck) A. P. de Candolle. Consequences of forest logging on mating system of <i>Tabebuia cassinoides</i> (Lamarck) A. P. de Candolle. Alexandre Magno SEBBENN; Eduardo GUSSON; Paulo Yoshio KAGEYAMA	129-141
Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga–SP. Density and floristic composition of soil seed bank from fragments of restinga forest in Bertioga–SP. Daniela GUEDES; Luiz Mauro BARBOSA; Suzana Ehlin MARTINS; José Marcos BARBOSA	143-150
Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex-Maiden. Influence of thinning in physical and mechanical properties of wood of <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex-Maiden. Israel Luiz de LIMA; José Nivaldo GARCIA	151-160
Análise da fragilidade do meio físico para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios: estudo de caso. Analysis of the physical environment fragility for São Sebastião and Búzios islands: case study. Marcio ROSSI; João Roberto Ferreira MENK; Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS; Amanda F. M. CATARUCCI	161-181
Herança e desequilíbrio de ligação em nove locos isoenzimáticos de <i>Eremanthus erythropappus</i> . Genetic inheritance and linkage disequilibrium in nine isozyme loci of <i>Eremanthus erythropappus</i> . Sybelle BARREIRA; Alexandre Magno SEBBENN; Paulo Yoshio KAGEYAMA	183-193
Levantamento de <i>Tibouchina</i> Aubl. (Melastomataceae) no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu – São Paulo. Survey of <i>Tibouchina</i> Aubl. (Melastomataceae) at the Serra do Mar State Park – Curucutu Nucleous – São Paulo, Brazil. Cíntia Vieira da SILVA; Paulo AFFONSO	195-206
Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de <i>Pinus radiata</i> D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento. Growth analysis of rooted cuttings and seedling trees at seven years old from an improvement advanced generation of <i>Pinus radiata</i> D. Don. Freddy MORA; Adilson DEITOS; Emmanuel ARNHOLD; Thatiana Silva DANDOLINI	207-213

CONSEQUÊNCIAS DO MANEJO FLORESTAL NO SISTEMA DE REPRODUÇÃO DE *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle*

Alexandre Magno SEBBENN**

Eduardo GUSSON***

Paulo Yoshio KAGEYAMA***

RESUMO

Populações naturais de *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle estão sendo exploradas há muitas décadas, restando hoje apenas poucas populações naturais. Este trabalho teve como objetivos estudar as consequências da exploração florestal sobre os níveis de diversidade genética e o sistema de reprodução da espécie. Para isso, comparou-se uma população não explorada (Estação Ecológica de Juréia-Itatins) e uma explorada pelo corte seletivo (Fazenda Cindomel, Iguape-SP). Os níveis de diversidade genética observados na população não explorada foram, em geral, maiores ($\hat{A} = 1,71$; $\hat{A}_e = 1,29$; $\hat{H}_o = 0,197$; $\hat{H}_e = 0,224$) do que na explorada ($\hat{A} = 1,71$; $\hat{A}_e = 1,28$; $\hat{H}_o = 0,227$; $\hat{H}_e = 0,217$), embora as diferenças não sejam significativas. Por outro lado, a estimativa da taxa de cruzamento multiloco foi maior na população explorada ($\hat{t}_m = 0,996$) do que na não explorada ($\hat{t}_m = 0,923$). As estimativas das diferenças entre a taxa de cruzamento uniloco e multiloco revelaram a ocorrência de cruzamentos entre parentes nas populações não explorada ($\hat{t}_s - \hat{t}_m = 0,044$) e explorada ($\hat{t}_s - \hat{t}_m = 0,046$). A estimativa da correlação de paternidade revelou que uma parte considerável dos cruzamentos foi biparental em ambas as populações: não explorada ($\hat{r}_p = 0,570$) e explorada ($\hat{r}_p = 0,371$), e que parte das progênies são irmãos-completos. De modo geral, os resultados sugerem que a exploração alterou o sistema de reprodução da espécie, no sentido de favorecer cruzamentos mais diversificados.

Palavras-chave: caixeta; exploração florestal; espécies arbóreas tropicais; diversidade genética; endogamia.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de reprodução de uma espécie determina, em parte, a estrutura genética de suas populações e é o elo de ligação entre as gerações. Por sua vez, a diversidade genética é a matéria-prima para adaptação, evolução e sobrevivência das espécies e indivíduos, especialmente sob condições de mudanças ambientais.

ABSTRACT

Natural population of *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle have been explored from many decades, and actually there is few remainder populations. The aims of this work were to verify the consequences of forest logging on levels of genetic diversity and mating system of the *T. cassinoides* populations, in a not logging (Juréia-Itatins Ecological Station) and a logging populations (Cindomel Farm, Iguape-SP). The observed levels of genetic diversity in not logging population ($\hat{A} = 1.71$; $\hat{A}_e = 1.29$; $\hat{H}_o = 0.197$; $\hat{H}_e = 0.224$) were, in general, higher than find out in logging population ($\hat{A} = 1.71$; $\hat{A}_e = 1.28$; $\hat{H}_o = 0.227$; $\hat{H}_e = 0.217$), although the differences are not significant. In another hand, the estimate of multilocus outcrossing rate was higher in the logging ($\hat{t}_m = 0.996$) than natural population ($\hat{t}_m = 0.923$). The estimates of the differences between multilocus and single-locus outcrossing rate revealed the mating among relatives in not logging ($\hat{t}_s - \hat{t}_m = 0.044$) and logging populations ($\hat{t}_s - \hat{t}_m = 0.046$). The estimates of paternity correlation revealed that part of the matings were biparentals in not logging ($\hat{r}_p = 0.570$) and logging populations ($\hat{r}_p = 0.371$) and part of progenies are full-sibs. These results suggesting that the forest logging change the mating system of this species, favoring outcrossing more diversified.

Key words: caixeta; forest logging; tropical tree species; genetic diversity; inbreeding.

Reduções na diversidade genética podem também predispor as espécies a doenças, reduzir a produtividade e limitar o melhoramento genético (Rajora & Pluhar, 2003). Portanto, o conhecimento do sistema de reprodução e da estrutura genética é fundamental para o delineamento de estratégias para a conservação, melhoramento genético e exploração florestal sustentada de espécies arbóreas (Sebbenn, 2002).

(*) Aceito para a publicação em setembro de 2005.

(**) 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.

O corte seletivo envolve a extração de uma proporção de árvores em fase reprodutiva e reduz a densidade populacional de árvores em florescimento que, em termos, pode reduzir a densidade de polinizadores (Murawski, 1995). Diversos estudos relatam alterações no sistema de reprodução após a exploração florestal como, por exemplo, o aumento da taxa de autofecundação (Murawski *et al.*, 1994; Sebbenn *et al.*, 2000; Obayashi *et al.*, 2002). Outras conseqüências detectadas após a exploração têm sido a perda de alelos, redução na heterozigosidade (Young & Boyle, 2000; Sebbenn *et al.*, 2001), aumento da divergência genética entre populações por deriva genética (Dayanandan *et al.*, 1999; Hamilton, 1999; Young & Boyle, 2000) e ruptura no fluxo de genes via pólen e sementes entre populações (Young *et al.*, 1996; Hamilton, 1999).

Tabebuia cassinoides (Lamarck) A. P. de Candolle – caixeta – é uma espécie arbórea tropical de alta densidade populacional (mais de 300 árvores por ha), endêmica da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), nas formações Terras Baixas, Baixo-Montana e Pioneiras de influência pluvial (Lorenzi, 1998). A espécie ocorre com alta densidade em locais brejosos e encharcados ao longo da costa brasileira, entre os Estados de Pernambuco (08°S) e Santa Catarina (26°S). Suas flores são hermafroditas e polinizadas principalmente por abelhas (Carvalho, 1994) e segundo estudos de Sebbenn *et al.* (2000) seu sistema de reprodução é misto, combinando autofecundações com cruzamentos, embora predominem os cruzamentos. Os frutos são do tipo síliqua estriada de 13 a 20 cm de comprimento, com numerosas sementes, que são dispersas pelo vento (anemocoria) e pela água (hidrocoria) (Carvalho, 1994), de forma que muitas sementes são depositadas e germinam nas vizinhanças da árvore materna, favorecendo a formação de estrutura genética espacial dentro das populações (Cavallari-Neto *et al.*, 2004) e o cruzamento entre parentes (Sebbenn *et al.*, 2000). A espécie também apresenta reprodução assexual por propagação vegetativa por raízes geminíferas, o que igualmente contribui para a formação de estrutura genética espacial dentro das populações.

T. cassinoides foi muito explorada no passado e continua sob pressão antrópica, embora existam atualmente poucas populações naturais remanescentes.

Em prévio estudo dos efeitos da exploração sobre a diversidade genética e o sistema de reprodução da espécie, detectou-se perda de alelos raros, redução nos níveis de heterozigosidade e alterações no sistema de reprodução, como o aumento da taxa de autofecundação (Sebbenn *et al.*, 2000, 2001). Devido aos resultados observados, considerou-se a necessidade de repetir o experimento a fim de confirmá-los. Assim, este trabalho teve com objetivos estudar os efeitos da exploração florestal sobre os níveis de diversidade genética e sistema de reprodução em uma população não explorada e uma explorada de *T. cassinoides*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

O estudo dos efeitos da exploração sobre a diversidade genética e sistema de reprodução de *T. cassinoides* foi realizado em duas populações da região do Vale do Ribeira, Estado de São Paulo, sendo uma não explorada, localizadas na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, e uma explorada, localizada na Fazenda Cindomel, próxima ao município de Iguape. A Estação Ecológica de Juréia-Itatins compreende uma área de aproximadamente 79.270 ha, na faixa litorânea do Estado de São Paulo, entre os municípios de Iguape e Peruíbe (Mantovani, 1993). O caixetal Juréia é contínuo, apresenta alta densidade populacional (mais de 300 indivíduos por hectare) e pode-se observar árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) maior que 30 cm. Nessa área não existem relatos de exploração e, por isso, foi considerada como uma população não explorada. O caixetal Cindomel encontra-se distante 20 km do município de Iguape e 40 km da população Juréia. A Fazenda Cindomel situa-se nas coordenadas 24°23'S e 47°33'W. Esse caixetal foi intensamente explorado nos anos de 1985 e 1999, sendo que neste último ano todas as árvores com DAP maior que 10 cm foram retiradas. Em 2004, ano da amostragem para este estudo não foram detectadas árvores com DAP maior do que 15 cm. As árvores amostradas representavam a condução de brotação após o manejo. Estima-se que a densidade populacional seja de 50 indivíduos por hectare.

2.2 Amostragem

Para a análise genética da população parental, em cada população foram amostrados tecidos foliares de 60 árvores adultas reprodutivas. A amostragem foi estruturada em pequenos grupos das cinco árvores mais próximas entre si. Os grupos foram estabelecidos de forma aleatória dentro da população. A distância entre as árvores dentro dos grupos variou de 2 m a 15 m e a distância entre os grupos variou de 20 m a 70 m. Em cada uma das populações foram feitos 12 grupos aleatórios.

Para a análise das progênies foram amostradas sementes de polinização aberta de 21 árvores adultas (> 10 cm de DAP) de *T. cassinoides* na população Juréia e em 20 árvores na população Cindomel. Dessas árvores, procurou-se coletar sementes de árvores distantes entre si em, pelo menos, 50 m para evitar a coleta em árvores parentes. A escolha das árvores foi aleatória, sendo coletada quantidade de sementes suficiente para obter pelo menos dez plântulas por árvore matriz.

2.3 Eletroforese de Isoenzimas

As enzimas foram extraídas de tecidos foliares de plântulas, empregando-se aproximadamente 20 mg de tecido de limbo foliar e a solução de extração número 1 de Alfenas (1998). 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 eletroforeses foram realizadas em geladeira, com temperatura de 5°C. O tampão de cuba e do gel utilizado foi o Citrato Morfolina (CM pH 6,1 – Clayton & Tretiak, 1972), os sistemas investigados foram PGI, IDH, 6PGDH, G6PDH e LAP. A descrição detalhada do processo de eletroforese encontra-se em Cavallari-Neto *et al.* (2004).

2.4 Diversidade Genética

A diversidade genética foi caracterizada pelos índices número médio de alelos por loco (A), heterozigosidade observada (H_o) e esperada segundo as proporções do equilíbrio de Hardy-Weinberg (H_e) e número efetivo de alelos por loco [$\hat{A}_e = 1/(1 - \hat{H}_e)$], estimados com o programa GDA (Lewis & Zaykin, 2002). Também foi estimado o índice de fixação (\hat{f}), conforme Weir (1996):

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

em que, n é o tamanho da amostra. A significância estatística do índice f médio entre locos foi calculada por 10.000 *bootstraps*. O índice de fixação e os *bootstraps* foram calculados, usando-se o programa GDA (Lewis & Zaykin, 2002).

2.5 Análise do Sistema de Reprodução

O sistema de reprodução das populações de *T. cassinoides* foi analisado com base nos modelos de reprodução mista (Ritland & Jain, 1981) e cruzamentos correlacionados (Ritland, 1989), com o auxílio do programa “Multilocus MLTR” (Ritland, 1997). Os parâmetros estimados foram: *i*) taxa populacional de cruzamento multiloco (t_m), pelo método de máxima verossimilhança (Algoritmo EM, Expectation-Maximization); *ii*) taxa populacional de cruzamento uniloco (t_s); *iii*) taxa de cruzamento entre aparentados ($t_m - t_s$); *iv*) frequências alélicas dos óvulos e do pólen (o e p); *v*) índice de fixação nas árvores maternas (F_m); *vi*) correlação de autofecundação (r_s), e *vii*) correlação de paternidade (r_p). As pressuposições do modelo misto de Ritland & Jain (1981) são as seguintes: *i*) a probabilidade de um indivíduo qualquer da população cruzar independe de seu genótipo; *ii*) os alelos de diferentes locos segregam independentemente; *iii*) o conjunto de pólen é homogêneo para o cruzamento com qualquer genótipo da população, e *iv*) ausência de seleção entre o período de fertilização e a avaliação dos marcadores genéticos. O erro padrão das estimativas dos parâmetros foi obtido por 500 reamostragens *bootstraps*. O teste de cruzamentos aleatórios foi avaliado pelo teste de homogeneidade entre as frequências alélicas dos óvulos vs. pólen, calculando-se o estimador \hat{F}_{ST} (Nei, 1977). O teste estatístico para verificar se a estimativa de \hat{F}_{ST} , para cada loco, era diferente de zero, foi dado pelo teste de qui-quadrado, $\chi^2 = 2n \hat{F}_{ST} (k-1)$, com $(k-1)(s-1)$ graus de liberdade, proposto por Workman & Niswander (1970),

em que: n = número de indivíduos nos dois grupos (pólen e óvulos), k = número de alelos e s = número de grupos. Os índices de fixação para adultos (F) e progênies (F_p) foram estimados juntamente com seus respectivos intervalos de confiança por 10.000 reamostragens *bootstraps*, usando o programa GDA (Lewis & Zaykin, 2002).

O coeficiente de coancestria (θ_{xy}) dentro de progênies foi estimado do coeficiente de correlação de parentesco (r_{xy}), entre plantas dentro de progênies, descrito em Ritland (1989),

$$\hat{r}_{xy} = 0,25(1 + \hat{F}_p)[4\hat{s} + (\hat{t}^2 + \hat{s}\hat{t}\hat{r}_s)(1 + \hat{r}_p)],$$

sendo, \hat{F}_p o estimador do índice de fixação (coeficiente de endogamia) da geração parental, e \hat{s} a estimativa da taxa de autofecundação dada por $1 - \hat{t}_m$. Os demais estimadores foram definidos anteriormente. Como em espécies diplóides, na ausência de endogamia, o coeficiente de parentesco (r_{xy}) é o dobro do coeficiente de coancestria (θ_{xy}), tem-se que, $\hat{\theta}_{xy} = \hat{r}_{xy} / 2$ e se pode obter o coeficiente de coancestria do coeficiente de parentesco. O tamanho efetivo de variância de uma única progênie foi estimado com base na variância amostral de um alelo, segundo derivações de Cockerham (1969) e, usando uma população idealizada como referência, como descrito por Caballero (1994):

$$\hat{N}_{e(v)} = \frac{0,5}{\hat{\theta}_{xy} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1 + \hat{F}_p}{2n}},$$

em que n é o número de plantas por progênie.

O número de árvores matrizes necessários para reter o tamanho efetivo alvo ($N_{e(alvo)}$) foi calculado com base na expressão:

$$\hat{m} = N_{e(alvo)} \left[2\hat{\theta} \left(\frac{n-1}{n} \right) + \frac{1 + \hat{F}}{n} \right] \text{ (Sebbenn, 2003).}$$

Utilizou-se como objetivo para a coleta de sementes o tamanho efetivo alvo de 100.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diversidade Genética

Os cinco sistemas isoenzimáticos investigados (PGI, IDH, 6PGDH e LAP) permitiram a obtenção de sete locos de atividade enzimática passíveis de interpretação (*Pgi*, *Idh1*, *Idh2*, *6pgdh1*, *6Pgdh2*, *G6pdh* e *Lap*). Desses locos, três eram monomórficos (*Idh1*, *Idh2* e *6pgdh1*) e quatro polimórficos (*Pgi*, *6Pgdh2*, *G6pdh* e *Lap*). Segundo estudo de segregação e ligação, os locos *Pgi* e *Idh-1* se encontram em desequilíbrio de ligação (Sebbenn & Seoane, 2004). Contudo, como o valor da medida de desequilíbrio de Burrows foi baixo ($\hat{\Delta} = 0,022$), e se dispunha de apenas quatro locos polimórficos, optou-se por manter estes locos nas análises da diversidade genética e do sistema de reprodução da espécie.

Em geral, as estimativas dos índices de diversidade genética entre as populações de *T. cassinoides* (TABELA 1) foram menores do que as encontradas em prévio estudo realizado com a espécie (Sebbenn *et al.*, 2001). A causa dos menores níveis de diversidade genética está provavelmente associada ao número de locos e aos diferentes locos utilizados. No presente estudo, foram utilizados apenas quatro locos polimórficos (*Pgi*, *6Pgdh2*, *G6pdh* e *Lap*). Ainda, o loco *Lap* não foi revelado no estudo de Sebbenn *et al.* (2001). A diferença no número e no tipo de locos ocorreu por não ter sido utilizado o mesmo protocolo, devido às alterações nas rotinas laboratoriais e disponibilidade de reagentes.

Comparando-se os níveis de diversidade genética entre a população não explorada e explorada (TABELA 1), no evento reprodutivo de 2004, utilizando-se os sete locos, verifica-se que não existem diferenças significativas entre os valores. Os índices porcentagem de locos polimórficos, número médio de alelos por loco e número efetivo de alelos por loco não variaram entre as populações não explorada e explorada. A heterozigiosidade observada na população explorada (0,227) foi 13,2% superior ao valor encontrado na não explorada (0,197). Por outro lado, a heterozigiosidade esperada na população não explorada (0,224) foi 3,1% superior a encontrada na explorada (0,220). Contudo, de acordo com o erro padrão, essas diferenças não são significativas.

SEBBENN, A. M.; GUSSON, E.; KAGEYAMA, P. Y. Consequências do manejo florestal no sistema de reprodução de *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle.

TABELA 1 – Estimativa dos índices de diversidade genética intrapopulacional em uma população de *T. cassinoides*. (n é o tamanho da amostra; L é o número de locos; A é o número médio de alelos por loco; A_e é o número efetivo de alelos por locos; H_o é a heterozigiosidade observada; H_e é a heterozigiosidade esperada; entre parênteses está o intervalo de confiança do erro das estimativas a 95% de probabilidade).

População	n	L	\hat{P}	\hat{A}	\hat{A}_e	\hat{H}_o	\hat{H}_e
<i>Análise com todos os locos</i>							
Não manejada (2001)*	110	13	84,6%	2,50 (0,20)	1,45 (0,34)	0,253 (0,081)	0,314 (0,051)
Manejada (2001)*	100	13	76,9%	2,30 (0,20)	1,36 (0,21)	0,174 (0,036)	0,266 (0,049)
Não manejada (2004)	200	7	57,1%	1,71 (0,29)	1,29 (0,16)	0,197 (0,080)	0,224 (0,084)
Manejada (2004)	200	7	57,1%	1,71 (0,29)	1,28 (0,15)	0,227 (0,086)	0,217 (0,082)
<i>Análise apenas com locos comuns</i>							
Não manejada (2001)	110	3	66,7%	3,00 (0,00)	1,74 (0,70)	0,254 (0,190)	0,366 (0,30)
Manejada (2001)	100	3	33,3%	2,67 (0,65)	1,34 (0,52)	0,147 (0,200)	0,204 (0,026)
Não manejada (2004)	200	3	66,7%	2,00 (1,13)	1,32 (0,50)	0,222 (0,280)	0,244 (0,270)
Manejada (2004)	200	3	66,7%	2,00 (1,13)	1,30 (0,44)	0,246 (0,270)	0,230 (0,250)

(*) Fonte: Sebbenn *et al.* (2001).

A quantificação da diversidade genética a partir apenas dos três locos comuns às duas análises (2001 e 2004) revela o mesmo padrão observado quando todos os locos são utilizados nos cálculos, embora os valores do número médio de alelos por loco, número efetivo de alelos por locos, heterozigiosidade observada e esperada aumentaram em as ambas populações, não explorada e explorada. No evento reprodutivo de 2001, a população não explorada apresentou maiores índices de diversidade genética tanto na análise com 13, como com 3 locos, embora de acordo com o intervalo de confiança estas diferenças não são significativas. No evento reprodutivo de 2004, apenas a heterozigiosidade observada reduziu com a exploração, e isto aconteceu tanto na análise com sete como com três locos. Os resultados, em termos gerais, indicam a perda de diversidade genética com a exploração, mas os cálculos dos intervalos de confiança não detectaram diferenças significativas entre as estimativas obtidas para as populações não explorada e explorada. Isso também indica que esses parâmetros são poucos sensíveis para detectar diferenças entre populações, visto o grande erro associado às estimativas. Para obterem-se menores erros seria necessário o uso de grande número de locos (mais que 20 locos).

3.2 Frequências Alélicas no Pólen e nos Óvulos

Existem diferenças significativas entre as frequências alélicas do pólen e dos óvulos, tanto na população explorada como na não explorada, sugerindo que os cruzamentos não ocorreram de forma aleatória (TABELA 2). Nas populações não explorada e explorada, dois locos (*Pgi* e *6Pgdh2*) dos quatro polimórficos (*Pgi*, *Idh-2*, *Lap* e *6Pgdh2*) apresentaram diferenças significativas entre as frequências alélicas do pólen e dos óvulos. Tais diferenças podem ser causadas por alterações na função masculina e feminina das plantas, cruzamentos biparentais, endogâmicos, autofecundações, imigração de pólen, variação na fenologia de florescimento, seleção entre o período de polinização e análise de isoenzimas, erro amostral em termos de número de progênies e desigual número de plantas por progênie (Ritland & Jain, 1981). Nesse caso, vários desses fatores podem estar causando essas diferenças. O tamanho amostral, aparentemente, não é a causa, porque foram amostradas sementes em, no mínimo, 20 árvores por população e 10 sementes por árvore. Segundo Ritland & Jain (1981) são necessárias sementes de pelo menos 12 árvores para obterem-se estimativas razoáveis. Descarta-se, também, a existência de diferenças na função sexual entre plantas devido ao sistema sexual da espécie ser hermafrodita, de forma que o mesmo indivíduo pode atuar tanto como doador quanto receptor de pólen. Todas as demais causas podem ter originado os desvios observados.

TABELA 2 – Estimativa da divergência genética (\hat{F}_{ST}) entre as frequências alélicas do pólen e dos óvulos cruzados antes e após o manejo de uma população de *T. cassinoides*.

Loco	População não explorada					População explorada							
	Alelo	Pólen	Óvulo	n	\hat{F}_{ST}	χ^2	GL	Pólen	Óvulo	n	\hat{F}_{ST}	χ^2	GL
<i>Pgi</i>	1	0,048	0,048					0,006	0,026				
	2	0,607	0,690					0,710	0,590				
	3	0,345	0,262	198	0,007	5,62*	2	0,284	0,385	178	0,013	9,56*	2
<i>Idh</i>	1	0,834	0,810					0,821	0,842				
	2	0,166	0,190	187	0,001	0,74	1	0,179	0,158	180	0,001	0,57	1
<i>Lap</i>	1	0,563	0,548					0,491	0,421				
	2	0,437	0,452	183	0,000	0,17	1	0,509	0,579	172	0,005	3,40	1
<i>6Pgdh2</i>	1	0,165	0,262					0,315	0,105				
	2	0,835	0,738	200	0,014	11,21**	1	0,685	0,895	174	0,066	46,25**	1

SEBBENN, A. M.; GUSSON, E.; KAGEYAMA, P. Y. Consequências do manejo florestal no sistema de reprodução de *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle.

3.3 Taxa de Cruzamento

A estimativa da taxa de cruzamento multiloco foi alta tanto na população não explorada ($\hat{t}_m = 0,923$) como na explorada ($\hat{t}_m = 0,996$), mas significativamente diferente da unidade (TABELA 3).

Esse resultado confirma as prévias estimativas obtidas por Sebbenn *et al.* (2001). Os autores observaram estimativas inferiores e significativamente diferentes da unidade (variação de 0,783 a 0,895), atribuindo à espécie o sistema misto de reprodução, com predomínio de cruzamento.

TABELA 3 – Estimativas de parâmetros demográficos, de endogamia, sistema de reprodução e fluxo gênico em *T. cassinoides*. (Entre parênteses está o intervalo de confiança do erro das estimativas a 95% de probabilidade).

Parâmetro	Não explorada	Explorada
Número total de árvores matrizes (m)	20	20
Número total de progênies (n)	200	200
Índice de fixação na população adulta ($n = 60$): F_a	0,105 ^a	0,188 ^{*a}
Índice de fixação nas progênies: F_p	0,120	-0,067 [*]
Taxa de cruzamento multiloco: t_m	0,923 (0,010)	0,996 (0,000)
Taxa de cruzamento uniloco: t_s	0,879 (0,007)	0,950 (0,001)
Taxa de cruzamento entre parentes: $t_m - t_s$	0,044 (0,006)	0,046 (0,004)
Correlação de autofecundação: r_s	0,080 (0,003)	0,097 (0,001)
Correlação multiloco de paternidade: r_p	0,570 (0,023)	0,371 (0,023)
Número médio de árvores polinizadoras: $\hat{N}_{ep} = 1 / \hat{r}_p$	1,75	2,70
Proporção de irmãos de autofecundação: $\hat{P}_{IA} = 1 - \hat{t}_m$	0,077	0,004
Proporção de irmãos-completos: $\hat{P}_{IC} = \hat{r}_p \hat{t}_m$	0,526	0,370
Proporção de meios-irmãos: $\hat{P}_{MI} = \hat{t}_m (1 - \hat{r}_p)$	0,397	0,626
Coancestria média dentro de progênies: θ_{xy}	0,207	0,172
Tamanho efetivo de variância: $N_{e(v)}$	2,23	2,65
Número de árvores para reter o tamanho efetivo de 100 (m)	45	38

(a) = valor médio para populações da Estação Ecológica de Juréia-Itatins (Fonte: Cavallari-Neto *et al.*, 2004).

(*) $P < 0,05$.

A estimativa da taxa de cruzamentos multiloco foi menor na população não explorada ($\hat{t}_m = 0,923$) relativamente à explorada ($\hat{t}_m = 0,996$), sendo, de acordo com o erro padrão, significativa a diferença entre estas estimativas. Por outro lado, Sebbenn *et al.* (2001) observaram menor taxa de cruzamento na população explorada (0,783) em comparação à natural (0,895), embora não houvesse diferença significativa entre as estimativas. Como esse estudo envolvia menor número de locos (4) e um novo loco (*Lap*), que não foi usado no estudo de Sebbenn *et al.* (2001), foram estimados os parâmetros do sistema de reprodução apenas para os três locos comuns a ambos os estudos, *Pgi*, *6Pgdh2* e *Idh-1* (TABELA 4). No evento reprodutivo de 2001, as taxas multiloco e uniloco de cruzamento e a correlação de paternidade foram maiores na população não explorada ($\hat{t}_m = 1,0$; $\hat{t}_s = 0,997$; $\hat{r}_p = 0,501$) do que na explorada ($\hat{t}_m = 0,872$; $\hat{t}_s = 0,876$; $\hat{r}_p = 0,065$), revelando o mesmo padrão reprodutivo observado no estudo original de Sebbenn *et al.* (2001). Por outro lado, no evento reprodutivo de 2004, as taxas multiloco e uniloco de cruzamento foram maiores na

população explorada ($\hat{t}_m = 1,0$; $\hat{t}_s = 0,994$) do que na não explorada ($\hat{t}_m = 0,923$; $\hat{t}_s = 0,910$), apresentando igualmente o mesmo padrão reprodutivo observado aqui na análise envolvendo os sete locos revelados (TABELA 3). Essa consistência entre os resultados obtidos, quando as estimativas foram calculadas usando todos os locos e quando apenas os locos comuns aos dois estudos foram utilizados, sugere que as diferenças observadas no sistema de reprodução entre as populações não explorada e explorada, nos eventos reprodutivos de 2001 e 2004, sejam o resultado de variações naturais no sistema de reprodução entre diferentes eventos reprodutivos. Os níveis de cruzamentos e a distribuição do pólen efetivo podem mudar de um evento de florescimento para outro e de uma população para outra, simplesmente como uma função da estrutura demográfica, fenologia e composição e abundância de polinizadores, sendo que mesmo em florestas sem distúrbios estas variações podem ocorrer (Degen *et al.*, 2004). Essas diferenças também podem ser causadas por variações climáticas, alterando o comportamento dos polinizadores ou a fenologia de florescimento das plantas.

TABELA 4 – Estimativas de parâmetros do sistema de reprodução de três locos isoenzimáticos (*Pgi-2*, *Idh-1* e *6Pgdh2* de *T. cassinoides*. (Entre parênteses está o intervalo de confiança do erro das estimativas a 95% de probabilidade).

Parâmetro	2001		2004	
	Não explorada	Explorada	Não explorada	Explorada
Taxa de cruzamento multiloco: t_m	1,000 (0,000)	0,872 (0,111)	0,923 (0,024)	1,000 (0,000)
Taxa de cruzamento uniloco: t_s	0,997 (0,002)	0,876 (0,089)	0,910 (0,019)	0,994 (0,001)
Taxa de cruzamento entre parentes: $t_m - t_s$	0,003 (0,002)	-0,004 (0,053)	0,013 (0,009)	0,006 (0,003)
Correlação de autofecundação: r_s	0,106 (0,000)	0,079 (0,015)	0,114 (0,021)	0,102 (0,000)
Correlação multiloco de paternidade: r_p	0,501 (0,079)	0,065 (0,007)	0,122 (0,021)	0,090 (0,005)

Um dos efeitos diretos da exploração é a redução no número de indivíduos reprodutivos por área e, conseqüentemente, da densidade de flores na área. Existem algumas evidências de que certas taxas de exploração podem alterar o comportamento dos polinizadores e, portanto, o sistema de reprodução. White *et al.* (2002) detectaram na espécie arbórea tropical *Swietenia humillis*, que alguns fragmentos recebiam grande contribuição de pólen vindo de mais de 4,5 km de distância, interpretando estes resultados como um

fator positivo da fragmentação que teria favorecido a longa distância de polinização pela abertura de espaço, favorecendo o vôo dos polinizadores. No presente estudo, a maior taxa de cruzamento na população explorada pode ter sido gerada pela redução na densidade populacional e, por conseqüência, na densidade de florescimento da população. Essa situação pode ter favorecido o movimento dos polinizadores na área, ao mesmo tempo em que forçou a visitação dos mesmos a um maior número de árvores à procura de néctar.

A estimativa da taxa de cruzamento uniloco para análise com sete locos (TABELA 3) foi menor do que a multiloco tanto na população não explorada ($\hat{t}_s = 0,979$) como na explorada ($\hat{t}_s = 0,950$). Diferenças positivas entre as taxas de cruzamento multiloco e uniloco têm sido interpretadas como indicativas de cruzamento entre parentes (Ritland & Jain, 1981). A diferença entre a estimativa multiloco e uniloco na população não explorada foi de 0,044 e na explorada de 0,046, sendo ambas estatisticamente diferentes de zero, mas não diferentes entre si, indicando que parte dos cruzamentos ocorreram entre árvores parentes. Tal resultado já havia sido relatado no estudo anterior realizado por Sebbenn *et al.* (2001) e era esperado, visto que, ambas as populações apresentam forte estrutura genética espacial, conforme estudos da distribuição espacial de genótipos nessas populações (Cavallari-Neto *et al.*, 2004). Cruzamentos endogâmicos têm como conseqüência a geração de endogamia biparental, que por sua vez, pode causar depressão por endogamia biparental, embora esta seja considerada, em geral, menos drástica do que a endogamia gerada por autofecundação. A autofecundação gera 50% de endogamia por geração, enquanto o cruzamento entre parentes gera endogamia igual a coancestria entre os parentais cruzados. Por exemplo, a autofecundação de uma planta não endogâmica gera 50% de endogamia na sua descendência, já o cruzamento entre dois meios-irmãos não endogâmicos gera 12,5% de endogamia na descendência, e o cruzamento entre dois irmãos-completos não endogâmicos gera 25% de endogamia na descendência.

3.4 Índice de Fixação

O índice de fixação foi significativamente diferente de zero na geração adulta e nas progênies da população explorada (0,188), sugerindo que esta não esteja em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Na geração adulta observou-se um excesso de homozigotos e nas progênies um excesso de heterozigotos (TABELA 3). Em geral, em muitos trabalhos o que se observa é justamente o oposto, ou seja, excesso de heterozigotos na geração adulta e de homozigotos nas progênies, explicando-se este padrão pela seleção contra endogâmicos entre a fase de plântula e a fase adulta (Sebbenn *et al.*, 2000, 2001; Souza *et al.*, 2003).

Uma explicação para isso poderia ser a presença de alelos nulos nos adultos, aumentado a proporção de homozigose nessa geração. Outras explicações poderiam ser erro de tipagem, deriva amostral (visto que foram avaliadas apenas dez plantas por progênie) e seleção para homozigotos.

3.5 Cruzamentos Correlacionados

As estimativas da correlação de autofecundação (\hat{r}_s) foram baixas (TABELA 3), mas significativamente diferentes de zero nas populações não explorada (0,080) e explorada (0,097), sugerindo que existe variação na taxa de cruzamento entre plantas individuais. A variação na taxa de cruzamento entre plantas pode ser causada por variação genética para auto-incompatibilidade (Sun & Ritland, 1998), assincronismo no florescimento e ausência de vetores de polinização, aumentando a taxa de autofecundação ou de cruzamento de algumas plantas.

As estimativas da correlação de paternidade (TABELA 3), foram altas e significativamente diferentes de zero nas populações não explorada ($\hat{r}_p = 0,570$) e explorada ($\hat{r}_p = 0,371$), mostrando que grande parte das progênies originadas de cruzamentos foi gerada por cruzamentos biparentais, ou seja, são irmãos-completos. Tais resultados explicam parte dos desvios de cruzamentos aleatórios observados na comparação das frequências alélicas do pólen e dos óvulos. Se os cruzamentos fossem perfeitamente aleatórios, praticamente 100% das progênies seriam meios-irmãos. Os desvios dessa pressuposição são claramente observados na composição da estrutura das progênies. Na população não explorada 7,7% das progênies são irmãos de autofecundação, 52,6% são irmãos-completos e 39,7% são meios-irmãos. Na população explorada 0,4% são de irmãos de autofecundação, 37% irmãos-completos e 62,6% meios-irmãos (TABELA 3). Conseqüentemente o coeficiente de coancestria é maior do que o esperado em meios-irmãos (0,125). Na população não explorada o coeficiente de coancestria médio foi de 0,207 e na explorada de 0,172, portanto, foram, respectivamente, 39,6 e 27,3% superiores aos esperados em progênies derivadas de populações perfeitamente panmíticas.

Embora as estimativas da correlação de paternidade sejam altas, elas foram significativamente diferentes entre as populações não explorada e explorada, conforme pode ser observado pelo erro padrão associado (TABELA 3). A menor estimativa da correlação de paternidade na população explorada ($\hat{r}_p = 0,371$) pode ser provavelmente atribuída ao processo de exploração, o qual gerou o aumento na distância entre coespecíficos reprodutivos e reduziu a densidade de flores na população, obrigando os polinizadores a percorrer maiores distâncias para obter néctar. Maior correlação de paternidade na população não explorada, em relação à manejada, também foi observada por Sebbenn *et al.* (2001). Os autores detectaram correlação de paternidade de 0,547 na população não explorada e de 0,295 na explorada, sendo significativa a diferença entre elas. Altas correlações de paternidade também são relatadas em outros estudos com espécies arbóreas tropicais, como: *Esenbeckia leiocarpa* (Seoane *et al.*, 2001), *Symphonia globulifera* (Degen *et al.*, 2004), *Eschweilera ovata* (Gusson *et al.*, 2005).

Altas estimativas de correlação de paternidade implicam que um número limitado de árvores participou da polinização durante o processo de reprodução. É possível estimar o número médio de indivíduos que efetivamente polinizaram as árvores maternas, ou o número provável de indivíduos que contribuíram com pólen no evento de reprodução de uma árvore-materna. As estimativas para as populações foram muito baixas, em torno de dois a três polinizadores por árvore. Em prévio estudo com *T. cassinoides*, foram detectadas igualmente duas a três árvores efetivamente polinizando (Sebbenn *et al.*, 2001). Contudo, é possível observar que na população explorada o número médio de árvores polinizadoras foi maior do que na população não explorada. Isso reforça a hipótese de que o processo de exploração, por reduzir a densidade de plantas, poderia estar favorecendo o movimento dos polinizadores e forçando a visita a um maior número de árvores, visto que os indivíduos remanescentes são os de menor porte, o que em geral está diretamente associado a uma menor produção de flores.

Outros estudos realizados com espécies arbóreas tropicais têm observado resultados semelhantes; em *Myracrodon urundeuva* (Moraes *et al.*, 2004) foram detectados de dois a três polinizadores efetivos; em *Senna multijuga* (Ribeiro & Lovato, 2004) foram detectados

aproximadamente quatro polinizadores efetivos e em *E. ovata* (Gusson *et al.*, 2005) foram detectadas de duas a três árvores efetivamente polinizando.

3.6 Tamanho Efetivo de Variância

Foram ressaltados os altos níveis de coancestria observados entre plantas dentro de progênies em ambas as populações (TABELA 3). Isso significa que as sementes dispersas a cada evento reprodutivo apresentam um alto parentesco entre si. Tal informação é importante para programas de melhoramento, conservação genética e coleta de sementes para recuperação ambiental. Em programas de melhoramento, o coeficiente de coancestria é utilizado para calcular a correlação de parentesco entre plantas dentro de progênies, que por sua vez é a base para o cálculo da variância genética aditiva e, portanto, dos coeficientes de herdabilidade e ganhos esperados na seleção. Em programas de conservação genética e coleta de sementes, o coeficiente de coancestria é fundamental para estimar o tamanho efetivo de variância. O tamanho efetivo de variância ($N_{e(v)}$) mede a representatividade genética de uma população, em função de alterações nas frequências alélicas entre gerações, devido a efeitos de deriva genética no processo de reprodução. Em uma população idealizada (tamanho infinito, sem seleção, mutação e migração) de cruzamentos aleatórios, o tamanho efetivo de variância de uma única progênie é quatro (4). Desvios das pressuposições da população idealizada e panmítica reduzem o tamanho efetivo de variância. Na população não explorada o tamanho efetivo de variância foi estimado em 2,23 e na explorada em 2,65. O menor tamanho efetivo de variância na população não explorada se deve à maior taxa de autofecundação e aos cruzamentos biparentais (irmãos-completos).

O conhecimento do tamanho efetivo de variância é particularmente importante para determinar tamanhos amostrais para os mais diversos fins, como, por exemplo, formar populações base para programas de melhoramento e conservação genética, e determinar o número de árvores matrizes para a coleta de sementes para restauração ambiental. Isso pode ser executado dividindo-se o tamanho efetivo alvo pelo tamanho efetivo de variância (Sebbenn, 2002, 2003). Por exemplo, na coleta de sementes nessas populações seria necessário amostrar sementes entre 38 a 45 árvores matrizes para reter o tamanho efetivo alvo de 100, considerando qualquer uma das finalidades anteriormente ressaltadas.

3.7 Considerações Finais

Os resultados da diversidade genética e do sistema de reprodução de *T. cassinoides*, em geral, não revelaram grandes diferenças entre as populações não explorada e explorada. Na realidade, em termos de sistema de reprodução, os resultados foram mais favoráveis na população explorada, relativamente à não explorada, apresentando tendência a maior aleatoriedade nos cruzamentos na população explorada. Essa observação contrapõe os prévios resultados obtidos por Sebbenn *et al.* (2001). Contudo, essas diferenças podem ter ocorrido devido às variações naturais no evento reprodutivo, causadas por variações na fenologia de florescimento e comportamento dos polinizadores. Assim, novos estudos devem ser desenvolvidos para entender as conseqüências da exploração nos níveis de diversidade genética e sistema de reprodução de *T. cassinoides*, a longo prazo, baseados em modelos genético-ecológicos de simulações, como o modelo de simulação Eco-gene (Degen *et al.*, 1996). O uso de modelagem e simulação permitir conhecer quais serão as implicações da exploração em 100, 200, 500 anos ou mais. O modelo Eco-gene é um modelo de simulação que combina elementos da genética de populações, dinâmica demográfica e modelos de crescimento e exploração florestal. As simulações são realizadas com base em dados reais de genética (dados de locos microssatélites ou isoenzimas), demografia (localização espacial, densidade, sobrevivência, recrutamento e idade), ecologia (tipo de polinizador, dispersão de sementes e pólen, etc.) e crescimento (incremento médio anual, DAP e altura máxima, etc.) obtidos de inventários contínuos em parcelas permanentes. O modelo pode ser testado com dados observados de genótipos codominantes de distribuição espacial conhecida, simulando diferentes processos como sobreposição de gerações, fluxo gênico, sistema de reprodução, fenologia de florescimento, dispersão de pólen e sementes, seleção, deriva genética, competição e cenários de exploração como ciclo, intensidade e diâmetro mínimo de corte (Degen *et al.*, 1996). O modelo tem sido recentemente utilizado para estudos do impacto de diferentes práticas de exploração florestal, fragmentação e análise dos efeitos da poluição sobre a estrutura genética de espécies arbóreas (Degen & Scholtz, 1998; Degen *et al.*, 2002). Por exemplo, Degen *et al.* (2002), utilizando o modelo de simulações Eco-gene, compararam os efeitos da exploração e fragmentação florestal sobre os níveis de diversidade genética de *Jacaranda copaiba*, uma espécie arbórea da Amazônia brasileira,

observaram que 150 anos após a exploração ocorreu uma significativa redução no tamanho efetivo reprodutivo das populações submetidas ao corte seletivo (68%) e fragmentação (79%), demonstrando que ambos os processos de intervenção humana tinham conseqüências negativas sobre a genética da espécie a longo prazo. O modelo Eco-gene representa o que há de mais avançado e moderno em termos de modelagem genética. Por isso, esse modelo é hoje o mais adequado para avaliação dos efeitos do corte seletivo de árvores e da fragmentação de espécies arbóreas nativas brasileiras, visto que, o Brasil explora florestas naturais e tem, atualmente, grande parte de suas florestas em estado avançado de fragmentação, como, por exemplo, as regiões Sul, Sudeste e Central do Brasil. O uso da modelagem Eco-gene permitirá delinear planos de manejo realmente sustentáveis a longo prazo e de estratégias que garantam a sobrevivência de espécies em condições de fragmentação.

4 CONCLUSÃO

A comparação de parâmetros de diversidade genética e sistema de reprodução, entre as populações não explorada e explorada, indica que a estrutura genética variou pouco entre estas, tendo a população explorada apresentado cruzamentos sensivelmente mais aleatórios do que a natural.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos funcionários da Estação Ecológica de Juréia-Itatins pelo suporte logístico e auxílio na amostragem de campo; a Rui Aparecido e Dauro Prado de Marco, pela ajuda no campo e aos estudantes de graduação em biologia, Maria Andréia Moreno e Gabriela Rocha Defavari, estagiárias do LARGEA/LCF/ESALQ/USP. Alexandre Magno Sebbenn e Paulo Yoshio Kageyama também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa. Os autores também agradecem aos dois revisores anônimo pelas importantes sugestões feitas no prévio manuscrito e à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão gramatical. O projeto foi financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, S. A. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins:** fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1998. 574 p.

CABALLERO, A. Developments in the prediction of effective population size. **Heredity**, Lund, v. 73, p. 657-679, 1994.

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

CAVALLARI-NETO, M. *et al.* Estrutura genética espacial em populações de *Tabebuia cassinoides* por locos isoenzimáticos. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 153-164, 2004.

CLAYTON, J.; TRETIAK, D. Amine-citrate buffers for pH control in starch gel electrophoresis. **Journal Fisheries Research Board Canadian**, Ottawa, v. 29, p. 1169-1172, 1972.

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

DAYANANDAN, S. *et al.* Population structure delineated with microsatellite markers in fragmented populations of a tropical tree, *Carapa guianensis* (Meliaceae). **Molecular Ecology**, Edinburgh, v. 8, p. 1585-1592, 1999.

DEGEN, B.; GREGORIUS, H. R., SCHOLTZ, F. ECO-GENE: a model for simulation studies on the spatial and temporal dynamics of genetic structures of tree populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 323-329, 1996.

_____.; SCHOLTZ, F. Ecological genetics in forest ecosystems under stress as analyzed by the simulation by the simulation model Eco-gene. **Chemosphere**, Berlin, v. 36, p. 819-824, 1998.

_____.; ROUBIK, D.; LOVELESS, M. D. Impact of selective logging and forest fragmentation on the seed cohorts of an insect-pollinated tree: a simulation study. In: DEGEN, B.; LOVELESS, M. D.; KREMER, A. (Ed). **Modeling and experimental research on genetic process in tropical and temperate forest**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2002. p. 108-119.

DEGEN, B.; BANDO, E.; CARON, H. Limited pollen dispersal and biparental inbreeding in *Symphonia globulifera* in French Guiana. **Heredity**, Lund, v. 93, p. 585-591, 2004.

GUSSON, E.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess) Miers. **Revista Árvore**, Viçosa, 2005. (submetido)

HAMILTON, M. B. Tropical tree gene flow and seed dispersal. **Nature**, London, v. 401, p. 129-30, 1999.

LEWIS, P. O.; ZAYKIN, D. **GDA - Genetic Data Analysis:** version 1.1 for Windows 95/NT. Disponível em: <<http://www.lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/>>. Acesso em: 29 nov. 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 252 p.

MANTOVANI, W. **Estrutura e dinâmica da floresta Atlântica na Juréia, Iguape.** 1993. 126 f. Tese (Livre Docência em Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MORAES, M. L. T.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Correlated mating in dioecious tropical tree species, *Myracrodruon urundeuva* Fr. **All. Forest Genetics**, Zvolen, v. 11, n. 1, p. 53-59, 2004.

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.

_____.; GUNATILLEKE, I. A. U. N.; BAWA, K. S. The effects of selective logging on inbreeding in *Shorea megistophylla* (Dipterocarpaceae) from Sri Lanka. **Conservation Biology**, San Francisco, v. 8, p. 997-1002, 1994.

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

OBAYASHI, K. *et al.* Genetic diversity and outcrossing rate between undisturbed and selective logged forest of *Shorea curtissi* using microsatellite DNA analysis. **International Journal of Plant Science**, v. 163, n. 1, p.151-158, 2002.

SEBBENN, A. M.; GUSSON, E.; KAGEYAMA, P. Y. Consequências do manejo florestal no sistema de reprodução de *Tabebuia cassinoides* (Lamarck) A. P. de Candolle.

RAJORA, O. P.; PLUHAR, S. A. Genetic diversity impacts of forest fire, forest harvesting, and alternative reforestation practices in black spruce (*Picea mariana*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 106, p. 1203-1212, 2003.

RIBEIRO, R. A.; LOVATO, M. B. Mating system in a neotropical tree species, *Senna multijuga* (Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 27, p. 418-424, 2004.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lawrence, v. 43, n. 4, p.848-859, 1989.

_____. **Multilocus mating system program MLTR**. Version 1.1. Disponível em: <<http://genetics.forestry.ubc.ca/ritland/programs.html>>. Acesso em: 18 dez. 1997.

_____.; 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. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.

_____. Número de populações para conservação genética *in situ* de espécies arbóreas. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 45-51, 2003.

_____. *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.

_____. *et al.* Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v.13, n. 2, p.93-113, 2001.

_____.; SEOANE, C. E. S. Herança e ligação em isoenzimas de equilíbrio de ligação em locos isoenzimáticos de *Tabebuia cassinoides*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 137-145, 2004.

SEOANE, C. E. C.; 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.

SOUZA, L. M. I.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Sistema de reprodução em *Chorisia speciosa*. **Rev. Bras. de Bot.**, São Paulo, v. 26, n. 113-121, 2003.

SUN, M.; RITLAND, K. Mating system of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*), a successful colonizer in North America. **Heredity**, Lund, v. 80, p. 225-232, 1998.

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

WHITE, G. M.; BOSHIER, D. H.; POWELL, W. Increased pollen flow counteracts fragmentation in tropical dry Forest: an example from *Swietenia humilis* Zuccarini. **Proc. Nat. Acad. Sci.**, Washington, D.C., v. 99, p. 2038-2042, 2002.

WORKMAN, P.; NISWANDER, J. L. Populations studies on southwestern Indian tribes. II. Local genetic differentiation in the Papago. **American Journal Human Genetic**, Chicago, v. 22, p. 24-29, 1970.

YOUNG, A.; BOYLE, T. T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plant. **Tree**, Victoria, v. 11, n. 10, p. 100-106, 1996.

YOUNG, A. G.; BOYLE, T. J. Forest fragmentation. In: YOUNG, A. G.; BOSHIER, D.; BOYLE, T. J. **Forest conservation genetics**. 2000. p. 123-133.

DENSIDADE E COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO DE FRAGMENTOS DE FLORESTA DE RESTINGA NO MUNICÍPIO DE BERTIOGA-SP*

Daniela GUEDES**
Luiz Mauro BARBOSA***
Suzana Ehlin MARTINS***
José Marcos BARBOSA***

RESUMO

O trabalho foi realizado em dois fragmentos de floresta de restinga (floresta de restinga inundável e floresta de restinga não inundável) no município de Bertiooga (46°08'W e 23°51'S), Estado de São Paulo, em uma área com extensão total aproximada de 300 ha, pertencente ao condomínio residencial Riviera de São Lourenço. Para a caracterização do banco de sementes, foram realizadas coletas de solo ao acaso durante dois períodos (agosto de 2001 e março de 2002), em uma área superficial de 20 cm x 20 cm a uma profundidade de 0 a 5 cm, em 48 pontos. A densidade total do banco de sementes da coleta de agosto de 2001 foi de 4,16 sementes/m² para a floresta de restinga inundável e 1,04 sementes/m² para a floresta de restinga não inundável; já na coleta de março de 2002 estes valores foram de 21,87 sementes/m² e 3,12 sementes/m², respectivamente. Esses resultados demonstram a pequena contribuição do banco de sementes na regeneração natural das formações estudadas.

Palavras-chave: banco de sementes; floresta de restinga inundável; floresta de restinga não inundável.

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da disponibilidade de sementes é essencial para a compreensão dos processos de recrutamento, da estrutura e da distribuição espacial das populações presentes em uma determinada área (Wilson, 1993). Após distúrbios de grande intensidade, que eliminam o potencial florístico local, o processo de recuperação natural é determinado, principalmente, através da chuva de sementes e do estoque de sementes do solo (Uhl *et al.*, 1982; Pinard *et al.*, 2000).

O estoque de sementes do solo é formado por espécies presentes na vegetação atual, espécies de etapas sucessionais anteriores e espécies que

ABSTRACT

The present study was performed in two restinga forest fragments (flooded restinga forest and unflooded restinga forest) at Riviera de São Lourenço joint ownership, Bertiooga, state of São Paulo (23°49'S e 46°02'W). The seed bank was evaluated by means of 48 samples with 20 cm x 20 cm, at 5 cm depth. This collect was carried out in two periods: August/2001 and March/2002. The total density of seeds collected in August/2001 was of 4.16 seeds/m² (flooded restinga forest) and 1.04 seeds/m² (unflooded restinga forest); in March/2002, these values were of 21.87 seeds/m² and 3.12 seeds/m², for each studied area. These results demonstrate the low contribution of the seed bank in the natural regeneration of the studied areas.

Key words: seed bank; flooded restinga forest; unflooded restinga forest.

nunca estiveram presentes na área, mas que chegaram de localidades vizinhas através da chuva de sementes, sendo também consequência dos mecanismos de dispersão atuantes (Roizman, 1993; Moura & Kageyama, 1996).

A auto-renovação das florestas tropicais se dá através de clareiras pelo processo de sucessão secundária, que ocorre desde que haja disponibilidade de sementes de espécies pioneiras no solo e pioneiras e não pioneiras em formações florestais adjacentes (Barbosa, 2000), sendo que o recrutamento de novos indivíduos depende, em parte, do banco de sementes que pode permanecer dormente até que surjam condições favoráveis para a sua germinação e estabelecimento (Young *et al.*, 1987).

(*) Aceito para publicação em outubro de 2005.

(**) Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, 01061-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: danielaguedes@hotmail.com

(***) Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, 01061-970, São Paulo, SP, Brasil.

A disponibilidade de sementes no banco é caracterizada pela sua permanência no solo e por sua entrada e saída, sendo a entrada determinada através da chuva de sementes e a saída provocada por fatores como: germinação, ataque de microrganismos, predação e perda da viabilidade por envelhecimento (Brokaw, 1985; Wijdeven & Kuzee, 2000), que podem ser desencadeados por características ambientais, como mudanças na luminosidade, temperatura e umidade (Wunderle, 1997; Hyatt & Casper, 2000; Costa & Araújo, 2003).

Após sua entrada, as sementes germinam imediatamente ou permanecem no solo por período variável de tempo (Orozco-Segovia *et al.*, 1993). Os indivíduos que logo germinam são geralmente de espécies climáticas ou secundárias, enquanto as pioneiras formam o estoque permanente de propágulos no solo, caracterizando o banco de sementes transitório e persistente, respectivamente (Garwood, 1983).

Assim, o banco de sementes contribui, principalmente, para o estabelecimento dos indivíduos pioneiros (Whitmore, 1983), sendo sua longevidade relacionada às condições de água, luz e oxigênio que permitam seu estoque, mas que são dependentes da sua profundidade, da taxa na qual as sementes são trazidas à superfície, e da idade da área, pois em florestas maduras há uma redução na densidade total das sementes viáveis que também varia nos diferentes ecossistemas (Garwood, 1983; Labouriau, 1983; Putz & Appanah, 1987; Siqueira, 2002; Sorreano, 2002).

Sabendo que a recuperação de áreas degradadas em florestas de restinga é prejudicada por suas condições naturalmente limitantes e que estas formações vegetacionais estão cada dia mais ameaçadas pelo processo de fragmentação, provocado principalmente pela invasão imobiliária, é que se torna de grande importância a realização de estudos que caracterizem o banco de sementes destas comunidades, fornecendo informações sobre o seu potencial de regeneração natural, que são indispensáveis para o sucesso de qualquer plano de manejo.

Portanto, o trabalho teve como objetivo descrever o banco de sementes do componente arbustivo-arbóreo de dois fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga–SP,

que se encontram submetidos às mesmas condições de ação antrópica e apresentam áreas com formato e tamanho semelhante, mas estão sujeitos a diferentes níveis de fertilidade e regimes de água no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

O município de Bertioga (23°51'S e 46°08'W), incluído na segunda região ecológica do Estado de São Paulo – Litoral Norte (Troppmair, 1975), localiza-se no limite Nordeste da Baixada Santista, em uma área situada à beira do canal marítimo que separa a Ilha de Santo Amaro do continente (Medeiros, 1965).

Conforme Köppen (1948), o clima da região de Bertioga é classificado como tipo Af (tropical com chuvas o ano todo), com médias anuais de temperatura em torno de 24°C e pluviosidade de 3.207 mm, com os maiores valores médios ocorrendo em janeiro, fevereiro e março, enquanto os menores em maio, junho, julho e agosto (FIGURA 1), revelando um excedente hídrico em todos os meses do ano.

O local onde foi realizado o trabalho possui 3.000.000 m², é de propriedade do condomínio residencial Riviera de São Lourenço, apresenta acesso na altura do km 212 da BR 101, e se encontra cortado pela rodovia e por diversos arruamentos no interior do condomínio, formando um conjunto de fragmentos de diferentes tamanhos e formas sobre os quais se desenvolve uma vegetação de restinga com diferentes fisionomias, a qual Veloso *et al.* (1991) classifica como uma formação pioneira com influência marinha, representando um sistema edáfico de primeira ocupação.

As áreas de estudo, propriamente ditas, estão representadas por dois fragmentos de floresta de restinga que fazem parte da área do empreendimento destinada à reserva. Tais áreas apresentam formato e tamanhos semelhantes (428.000 m² e 385.000 m²), mas solos com diferentes características, sendo denominadas área 1 (floresta de restinga inundável) e área 2 (floresta de restinga não inundável).

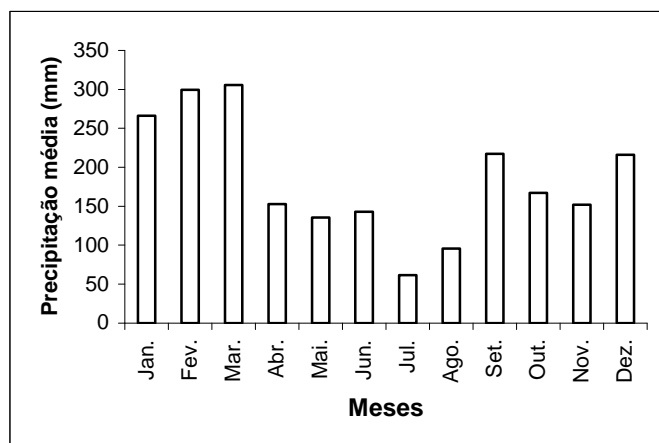


FIGURA 1 – Precipitação média mensal para o período de 1993-2002. Dados provenientes do posto da Riviera de São Lourenço, latitude 23°49' S, longitude 46° 02' W, altitude +3 m, município de Bertiooga-SP.

A área 1 apresenta árvores altas, com indivíduos emergentes de até mais de 20 m, epifitismo bem desenvolvido com predomínio de bromélias de grande porte, sub-bosque formado por espécies jovens do estrato arbóreo com predomínio de Myrtaceae, e pequena diversidade e quantidade de trepadeiras. O substrato apresenta espessa trama de raízes superficiais, grande quantidade de material orgânico e presença de restos vegetais semidecompostos (Ramos-Neto, 1993; Brasil, 1996). Essa área se localiza nas depressões entre os cordões litorâneos, e possui lençol freático bastante superficial podendo aflorar nas épocas mais úmidas do ano, que no período de estudo (2000 a 2002) foram representadas pelos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

A área 2 é também representada por uma formação florestal de estrato predominantemente arbóreo, com alturas superiores a 20 m. Apresenta alta diversidade de epífitas e significativa quantidade de trepadeiras. Esta floresta ocorre em solos de origem marinha, nas partes altas dos cordões litorâneos, não ficando sujeita a alagamentos prolongados. Nesse local o solo se apresenta seco, arenoso e com uma camada de material orgânico superficial, que esconde uma fina trama de raízes (Sugiyama, 1993; Brasil, 1996).

2.2 Coleta de Dados

Para o estudo do banco de sementes das espécies arbóreas foram realizadas duas coletas, sendo a primeira em agosto de 2001 e a segunda em março de 2002.

As amostras de solo foram coletadas ao acaso no interior de 48 parcelas (24 em cada fragmento) utilizadas em um levantamento fitossociológico realizado no local (Guedes, 2004).

Em cada ponto foram abertas trincheiras verticais, onde se coletou o solo em uma área superficial de 20 cm x 20 cm, a uma profundidade de 0 a 5 cm, desprezando-se a serapilheira.

As amostras de solo foram coletadas com auxílio de uma espátula, acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e transportadas para a Unidade de Beneficiamento e Tecnologia de Sementes do Instituto de Botânica-SP, onde foram colocadas em bandejas de plástico com fundos perfurados, individualizadas por pontos de coleta e dispostas em canteiros a pleno sol, sendo regadas periodicamente. Além das bandejas com o solo coletado no local de estudo, foram instaladas nos canteiros, bandejas-controle, contendo areia esterilizada, a fim de registrar uma eventual contaminação das amostras de solo com a chuva de sementes local.

As plântulas emergentes foram anotadas, coletadas e prensadas ao atingirem um tamanho que permitisse sua identificação, sendo o solo das bandejas revolvido após o experimento de germinação completar cinco meses de montagem.

Os dados obtidos sobre a composição de espécies arbóreas no banco de sementes do solo foram organizados na forma de tabela, de acordo com o período e o fragmento florestal estudado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As TABELAS 1 e 2 mostram as espécies arbóreas germinadas no banco de sementes do solo das áreas 1 e 2, com suas respectivas densidades absolutas para as duas coletas realizadas.

Na área 1 foram identificadas duas espécies na primeira coleta e cinco espécies na segunda, enquanto na área 2 germinaram apenas uma e três espécies, respectivamente. A densidade total do banco de sementes na coleta de agosto de 2001 foi de 4,16 sementes/m² para a área 1 e 1,04 sementes/m² para a área 2; já na coleta de março de 2002 estes valores foram de 21,87 sementes/m² e 3,12 sementes/m², respectivamente.

Observa-se que a densidade de indivíduos e a riqueza de espécies arbóreas encontradas no banco de sementes do solo das áreas de estudo são muito baixas, quando comparadas com as de outros trabalhos (Roizman, 1993; Baider, 1994; Siqueira, 2002; Sorreano, 2002). Tais valores são mais semelhantes aos resultados obtidos por Takahasi & Moura (1994), que identificaram apenas 25 indivíduos pertencentes a cinco espécies arbóreas, sendo as condições climáticas extremas durante a realização do experimento, um dos principais fatores responsáveis pela baixa abundância e riqueza de espécies do banco de sementes levantado.

TABELA 1 – Espécies com suas respectivas densidades absolutas ocorrentes no banco de sementes coletado em agosto de 2001 na área 1 (floresta de restinga inundável) e na área 2 (floresta de restinga não inundável), município de Bertioga-SP.

Família/Espécie	área 1 (sementes/m ²)	área 2 (sementes/m ²)
Euphorbiaceae		
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Muell. Arg.	2,08	–
Lauraceae		
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) Macbr.	2,08	1,04
Total	4,16	1,04

TABELA 2 – Espécies com suas respectivas densidades absolutas ocorrentes no banco de sementes coletado em março de 2002 na área 1 (floresta de restinga inundável) e na área 2 (floresta de restinga não inundável), município de Bertioga-SP.

Família/Espécie	área 1 (Sementes/m ²)	área 2 (Sementes/m ²)
Bombacaceae		
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. Emend K. & Schum.) A. Robyns	–	1,04
Clusiaceae		
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	1,04	–
Euphorbiaceae		
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M. Arg.	6,25	–
Lauraceae		
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) Macbr.	1,04	1,04
Melastomataceae		
<i>Miconia</i> sp.	1,04	1,04
Myrsinaceae		
<i>Rapanea venosa</i> Mez	12,50	–
Total	21,87	3,12

No presente trabalho, os baixos valores de densidade de sementes e de número de espécies no banco podem ser explicados por alguns fatores metodológicos como a alta variação térmica no local onde foi realizado o experimento, sendo alguns dos indivíduos mais sensíveis eliminados, ou o fato de não estarem contempladas as necessidades para germinação de algumas espécies, como a escarificação de sementes com testa dura.

Entretanto, a baixa densidade do banco de sementes no solo das áreas de estudo pode ser explicada pela rápida germinação (Lieberman & Lieberman, 1989; Young & Mitchell, 1994), promovida por fatores como altas condições locais de luz e temperatura, que se deve à presença de um dossel aberto, característico das florestas de restinga (Marques, 2002), à fragmentação que expõe as áreas em toda a sua extensão ao efeito de borda e à queda de árvores causada pela alta intensidade dos ventos (Hopkins & Graham, 1983).

A abertura do dossel, teoricamente, facilitaria o ingresso de sementes no solo; no entanto, alguns fatores como a existência de tramas de raízes superficiais muito espessas e de extensas áreas com cobertura de bromélias terrícolas impedem esta passagem, provocando a diminuição de seus estoques (Orozco-Segovia *et al.*, 1993). O nível de encharcamento do solo, principalmente na área 1, também pode ser outro fator definidor das características do banco de sementes, na medida em que determina a morte de muitas sementes por apodrecimento, falta de oxigênio e ação de parasitas, além de lixiviar inibidores, permitindo uma germinação rápida (Lang & Rovalo, 1976).

Observa-se, através dos resultados, que apesar da área 2 possuir solo menos encharcado, esta apresenta densidade de indivíduos e riqueza de espécies menor do que a área 1, o que pode ser devido à alta pluviosidade local, aliada à maior abertura do dossel e às temperaturas mais altas dos seus solos arenosos. Tais fatores servem como estímulo para a germinação das sementes no banco, sendo os indivíduos não germinados mortos rapidamente pela deficiência hídrica das camadas superficiais do solo que, segundo Marques (2002), é provocada pela eficiente drenagem das águas das chuvas em solos arenosos.

Nota-se, pela análise das TABELAS 1 e 2, que a coleta do período superúmido (março de 2002) apresentou maior densidade e riqueza do que a do período menos úmido (agosto de 2001),

o que se deve aos picos de dispersão estarem mais concentrados nesta época. Entretanto, a pequena abundância de sementes germinadas no banco de sementes é também um reflexo da baixa densidade de propágulos na chuva de sementes (Guedes, 2004), que determina a entrada de indivíduos no banco (Baider, 1994). Além disso, 71,4% das espécies encontradas na chuva da área 1 e 79,3% da área 2 foram não pioneiras, o que contribuiu ainda mais para a existência de um banco com baixa densidade, pois sementes desta categoria perdem logo sua viabilidade, ficando pouco tempo no solo ou não formando banco (Putz & Appanah, 1987).

Relacionando o banco de sementes com a fitossociologia e a chuva de sementes (Guedes, 2004), observou-se que todas as espécies do banco também foram encontradas nos dois outros levantamentos, embora alguns autores considerem as espécies herbáceas um componente mais importante no banco de sementes do que as espécies arbóreas dominantes de dossel (Thompson, 1986; Mladenoff, 1990; Ingersoll & Wilson, 1993; Walkwr, 1993). Além disso, como a maioria das espécies encontradas na fitossociologia também foram não pioneiras (Guedes, 2004), pode-se sugerir, novamente, que este banco de sementes é formado por espécies de vida curta, não dormentes, que são dispersas por períodos curtos ao longo do ano, ou seja, um banco transitório (Roizman, 1993).

Sabendo-se que nas florestas tropicais o banco de sementes é basicamente constituído por espécies pioneiras e herbáceas, este mecanismo, no que se refere à restauração da riqueza de espécies durante a regeneração da floresta, terá um papel restrito, pois é constituído por poucas espécies, principalmente de arbustos de Melastomataceae (Baider, 1998). Nas áreas de estudo, tal mecanismo de regeneração é ainda mais reduzido em função das florestas de restinga apresentarem baixa ocorrência de espécies tipicamente pioneiras (Micheletti-Neto & Mantovani, 2003) e exibirem uma variedade de fatores naturais e antrópicos que o limitam. Desta forma, o estoque de sementes no solo é composto por valores de densidades totais (TABELAS 1 e 2) abaixo dos encontrados em florestas secundárias, onde normalmente ocorre elevado número de indivíduos, e de florestas tropicais maduras com baixa densidade, apresentando em média 500 sementes/m² (Garwood, 1983).

Entre as poucas espécies arbustivo-arbóreas amostradas, *Rapanea venosa* foi a que apresentou maior densidade, seguida por *Alchornea triplinervia* (TABELA 2) e *Endlicheria paniculata* (TABELA 1). Tais espécies pioneiras são comuns nos bancos de sementes em florestas tropicais e, juntamente com o gênero *Miconia*, também encontrado neste estudo, parecem ser imprescindíveis no estabelecimento da floresta madura (Gómez-Pompa *et al.*, 1972).

Raramente se encontram sementes maiores que 5 mm no banco do solo, pois sementes grandes, além de outros fatores limitantes como a pressão de predação acentuada, apresentam maior dificuldade física para o seu enterramento (Baider *et al.*, 1998). Apesar disto, algumas espécies não pioneiras com sementes grandes, como *Eriotheca pentaphylla* e *Calophyllum brasiliense*, foram encontradas neste trabalho, o que pode ter sido devido ao incorporamento casual destas sementes por ocasião do revolvimento do solo durante a coleta, visto que *Calophyllum brasiliense* não forma banco de sementes no solo (Marques & Joly, 2000).

O banco de sementes do solo, em outras formações florestais, é alterado após um distúrbio, voltando a se reconstituir em fases posteriores pela chuva de sementes (Carpanezi, 1997; Rodrigues, 1999). Nas áreas de estudo, entretanto, essa reconstituição é menos provável, pois a maioria dos fatores (encharcamento do solo, alta densidade de bromélias terrícolas, pequena ocorrência de espécies pioneiras e tramas de raízes superficiais), responsáveis pela baixa abundância de indivíduos, são característicos das florestas de restingas e, portanto, ininterruptos, fazendo com que a auto-regeneração dependa de estratégias distintas como chuva de sementes, banco de plântulas e rebrota, o que torna esse ambiente mais frágil do que o de outras formações não sujeitas a tais limitações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIDER, C. **O banco de sementes e de plântulas na sucessão da Mata Atlântica**. 1994. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. *et al.* O banco de sementes de um trecho de Floresta Atlântica Montana (São Paulo, Brasil). **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 59, n. 2, p. 319-328, 1998.
- BARBOSA, L. M. Estado atual do conhecimento: histórico e estrutura do workshop. In: _____. (Coord.). **WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES FLORESTAIS LITORÂNEAS**. 2000, São Sebastião. **Anais.....** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2000. p. 13-22. (Documentos Ambientais).
- BROKAW, N. V. L. Treefalls, regrowth, and community structure in tropical forests. In: PICKETT, S. T. A.; WHITE, P. S. **The ecology of natural disturbance and patch dynamics**. New York: Academic Press, 1985. p. 145-157.
- CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folhedo e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na região metropolitana de Curitiba-PR**. 1997. 170 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 9, de 24 de outubro de 1996. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, v. 1, n. 217, 7 nov. 1996, Seção I, p. 12-21.
- COSTA, R. C; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes no solo, no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 259-264, 2003.
- GARWOOD, N. C. Seed germination in seasonal tropical forest in Panama: a community study. **Ecol. Monog.**, New York, v. 53, n. 2, p. 159-181, 1983.
- GÓMEZ-POMPA, A. *et al.* The tropical rain forest: a nonrenewable resource. **Science**, Washington, D.C., v. 117, p. 762-765, 1972.
- GUEDES, D. C. **Florística, estrutura e informações sobre a regeneração natural de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga – SP**. 2004. 109 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- HOPKINS, M. S.; GRAHAM, A. W. The species composition of soil seed banks beneath lowland tropical rainforest in North Queensland, Australia. **Biotropica**, St. Louis, v. 14, p. 62-68, 1983.

- GUEDES, D. *et al.* Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga-SP.
- HYATT, L. A.; CASPER, B. B. Seed bank formation during early secondary succession in temperate deciduous forest. **Journ. Ecol.**, Oxford, v. 31, n. 2, p. 229-242, 2000.
- INGERSOLL, C. A.; WILSON, M. V. Buried propagule bank of a high subalpine site: microsite variation and comparisons with aboveground vegetation. **Oikos**, Lund, v. 63, p. 48-61, 1993.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 213 p.
- LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: Organização dos Estados Americanos - OEA, 1983. 180 p. (Série de Biologia, monografia 24).
- LANG, A. L. A.; ROVALO, M. Alelopatia en plantas superiores: diferencias entre el efecto de la presión osmótica y los alelopáticos sobre la germinación y crecimiento de algunas especies de la vegetación secundaria de una zona calido-húmeda de México. In: GÓMEZ-POMPA, A.; VASQUEZ-YANES, C. S.; AMO-RODRIGEZ, A. C. (Eds.). **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México**. México: Continental, 1976. p. 388-447.
- LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D. Forests are not just Swiss cheese: canopy stereogeometry of non-gaps in tropical forests. **Ecology**, Durham, v. 70, p. 550-552, 1989.
- MARQUES, M. M. C. **Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR**. 2002. 144 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 113-120, 2000.
- MEDEIROS, V. B. Bertioga. In: AZEVEDO, A. (Ed.). **Baixada Santista, aspectos geográficos**. São Paulo, EDUSP, 1965. p. 173-175.
- MICHELETTI-NETO, J. C. M. T.; MANTOVANI, W. A regeneração natural em clareiras de uma floresta sobre restinga. In: CONGRESSO DE BOTÂNICA, 54., 2003, Belém. **Anais...** Belém: Universidade Federal do Pará, 2003. p. 123-124.
- MLADENOFF, D. J. The relationship of the soil seed bank and understory vegetation in old-growth northern hardwood-hemlock treefall gaps. **Ecology**, Durham, v. 68, p. 2714-2721, 1990.
- MOURA, L. C.; KAGEYAMA, P. Comparação da estrutura florística do banco de sementes de duas áreas de plantio de eucalipto, situado no Horto Florestal “Navarro de Andrade”, (Rio Claro-SP). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 1996, Belo Horizonte. **Programas e Resumos...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. p. 44-45.
- OROZCO-SEGOVIA, A. *et al.* Light environment and phytochrome – controlled germination in *Piper auritum*. **Funct. Ecol.**, Oxford, v. 7, n. 5, p. 585-590, 1993.
- PINARD, M. A.; BAKER, M. G.; TAY, J. Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. **For. Ecol. Manag.**, Amsterdam, v. 130, p. 213-225, 2000.
- PUTZ, F. E.; APPANAH, S. Buried seeds, newly dispersed seeds, and the dynamics of a lowland forest in Malaysia. **Biotropica**, St. Louis, v. 19, p. 327-333, 1987.
- RAMOS-NETO, M. B. R. **Análise florística e estrutural de duas florestas sobre a restinga, Iguape, SP**. 1993. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RODRIGUES, R. R. Colonização e enriquecimento de um fragmento florestal urbano após a ocorrência de fogo, **Fazenda Santa Elisa, Campinas, SP**: avaliação temporal da regeneração natural (66 meses) e do crescimento (51 meses) de 30 espécies florestais plantadas em consórcios sucessionais. 1999. 215 f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ROIZMAN, L. **Fitossociologia e dinâmica do banco de sementes de populações arbóreas de floresta secundária em São Paulo, SP**. 1993. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- SIQUEIRA, L. P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil.** 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades.** 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SUGIYAMA, M. **Estudos de florestas na restinga da Ilha do Cardoso, SP.** 1993. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TAKAHASI, A.; MOURA, L. C. Levantamento fitossociológico associado a um estudo preliminar do banco de sementes do solo de uma comunidade secundária em Rio Claro, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 45., 1994, São Leopoldo. **Programas e Resumos...** São Leopoldo: Sociedade Brasileira de Botânica, 1994. p. 325.
- TROPPEMAIR, H. Regiões ecológicas do Estado de São Paulo. **Biogeografia**, São Paulo, v. 10, p. 1-24, 1975.
- THOMPSON, K. Small scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. **Journ. of Ecol.**, Oxford, v. 74, p. 733-738, 1986.
- UHL, C. *et al.* Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the upper Rio Negro region of Amazon Basin. **Biotropica**, St. Louis, v. 14, n. 4, p. 249-254, 1982.
- VELOSO, H. P. *et al.* **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.
- WALKER, L. J. T.; NERIS, L. E. Posthurricane seed rain dynamics in Puerto Rico. **Biotropica**, St. Louis, v. 25, n. 4, p. 408-418, 1993.
- WHITMORE, T. C. Secondary succession from seed in tropical rain forest. **For. Ecol. Man.**, Oxford, v. 44, p. 767-779, 1983.
- WIJDEVEN, S. M. J.; KUZEE, M. E. Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. **Restoration Ecology**, Durham, v. 8, n. 4, p. 414-424, 2000.
- WILSON, M. V. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetation**, Ames, v. 107, p. 261-280, 1993.
- WUNDERLE, J. J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. **For. Ecol. Man.**, Oxford, v. 99, p. 223-235, 1997.
- YOUNG, A.; MITCHELL, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. **Biol. Cons.**, Kent, v. 67, n. 1, p. 63-72, 1994.
- YOUNG, K. R.; EWEL, J. J.; BROWN, B. J. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. **Vegetatio**, Ames, v. 71, p. 157-173, 1987.

INFLUÊNCIA DO DESBASTE EM PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden*

Israel Luiz de LIMA**
José Nivaldo GARCIA***

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira numa população de *E. grandis*, aos 18 anos de idade. De acordo com os resultados, pode-se concluir que as diferentes intensidades de desbaste não influenciaram, significativamente, nas propriedades em estudo, com exceção da densidade básica, para a qual ocorreu diferença entre as intensidades 67% e 75%. De maneira geral, verificou-se tendência de diminuir os valores dessas propriedades físicas e mecânicas, com intensidade de desbaste maiores. Quando se avaliou a variação medula-casca para densidade básica, resistência à compressão paralela às fibras e massa específica, a posição mais próxima da casca apresentou os maiores valores destas propriedades, enquanto para variável retração volumétrica não foi observada diferença significativa entre a posição mais próxima da casca e posição da medula. Observou-se, também, que ocorreram altas correlações positivas entre massa específica e densidade básica e resistência à compressão paralela às fibras.

Palavras-chaves: *Eucalyptus*; desbastes; propriedades físicas e mecânicas; qualidade da madeira.

1 INTRODUÇÃO

Entre as técnicas silviculturais de manejo de florestas, com objetivo de produzir madeira para processamento mecânico, destaca-se o desbaste. O desbaste é definido como cortes parciais feitos em povoamentos florestais imaturos que têm como objetivo produzir madeira em maior quantidade e melhor qualidade. Um dos métodos de desbaste, que se destaca pelos resultados em termos de produtividade volumétrica, é o método CCT (Correlated Curve Trend). Segundo Marsh (1957), esse método foi introduzido por Craib (1933) e

ABSTRACT

The purpose of this work was to verify the influence of thinning on physical and mechanical properties of the wood within an 18-year-old population of *E. grandis*. According to the results, it was able to conclude that a different intensity in thinning did not influence significantly the properties under study, except for the basic density, where a difference between 67% and 75% intensity occurred. In general, it was found out that there was a tendency of they reduce the values of the physical and mechanical properties under a higher intensity of thinning. When the pith to bark variation was assessed, the parallel compression, the specific mass, and the position of the bark showed the highest values of those properties whereas for the shrinkage significant difference was not observed between the closest position of the pith and position of the bark. It was also observed the occurrence of a high positive correlation between the specific mass, basic density, and the compression parallel to the grain.

Key words: *Eucalyptus*; thinning; physical and mechanical properties; wood quality.

formulado, detalhadamente, por O'Connor (1935), e aplicado nos últimos 50 anos na África do Sul. O método consiste no estabelecimento progressivo de oito tratamentos representando as densidades populacionais de 100%, 50%, 33,3%, 25%, 16,7%, 12,5%, 8,3% e 4,2%, os quais permanecerão até o final da rotação. O princípio básico do método é evitar que o povoamento entre em competição, permitindo, portanto, que as árvores cresçam livremente em ritmo acelerado, podendo resultar em madeira mais homogênea e estável, além de maiores volumes finais de madeira. Maiores detalhes do método estão em: Hiley (1959), Luz *et al.* (1993) e Lima (2000).

(*) Aceito para publicação em novembro de 2005.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-070, São Paulo, SP, Brasil

(***) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

De uma maneira geral, as pesquisas de desbaste normalmente apresentam resultados em termos de produtividade volumétrica e pouco, ou quase nada, em termos de qualidade da madeira é apresentado. Isso pode, muitas vezes, acarretar transtorno, pois uma árvore pode se apresentar fenotipicamente com excelente forma para processamento mecânico, mas quanto à qualidade pode deixar a desejar.

Entre as características mais importantes das árvores, quanto à qualidade de uso da madeira para processamento mecânico, as propriedades físicas e mecânicas da madeira podem indicar o uso mais propício das mesmas.

Poucos resultados e algumas controvérsias, a respeito dos efeitos dos desbastes sobre as propriedades físicas e mecânicas das madeiras são encontrados na literatura, principalmente sobre o gênero *Eucalyptus*.

Malan (1988), em um estudo com *Eucalyptus grandis*, verificou que a densidade básica teve um aumento acentuado no sentido medula-casca, especialmente na região de transição de madeira juvenil para madeira adulta. O autor também verificou que a densidade comumente aumenta com a altura, embora um declínio inicial pode, algumas vezes, estar presente.

Wilkins & Horne (1991) compararam vários tratamentos silviculturais, entre eles desbaste mais aração, em uma população de *E. grandis* aos 9,5 anos de idade. Verificaram que os desbastes tendem a causar uma diminuição na densidade da madeira.

Bamber *et al.* (1982) realizaram um estudo comparando a densidade básica e algumas propriedades anatômicas das madeiras de duas populações de *E. grandis* de 2,5 anos de idade, sendo uma com crescimento lento, que não sofreu tratamentos silviculturais, e a outra com crescimento rápido, que sofreu a combinação dos tratamentos: preparo de solo, fertilização e controle de ervas daninhas e pragas. As árvores que obtiveram um crescimento mais rápido apresentaram os valores da densidade básica e comprimento das fibras maiores, e ainda um percentual volumétrico de raio maior. As árvores que tiveram um crescimento mais lento obtiveram maior diâmetro da fibra e maior espessura da parede das mesmas, além disso, apresentaram um diâmetro do vaso maior e frequência também maior.

Malan & Hoon (1992) estudaram o efeito do desbaste em uma população de *E. grandis*, com 34 anos, através do CCT, testando diferentes séries de intensidade de desbastes e concluíram que: os desbastes gradativos reduziram a variação medula-casca da densidade básica. A representação desses resultados se encontra na FIGURA 1, os mesmos demonstram que é possível se obter madeira mais homogênea através da prática de desbastes.

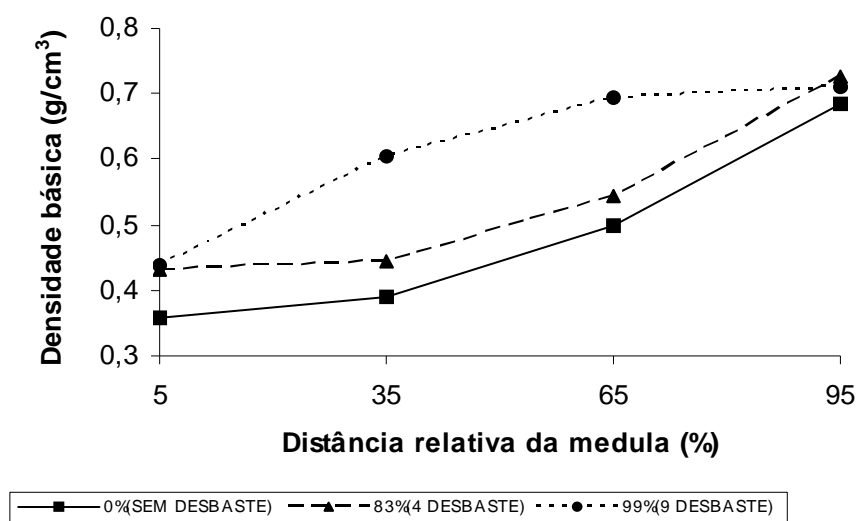


FIGURA 1 – Gráfico de densidade básica *versus* distância da medula, para *E. grandis*, aos 34 anos. Fonte: Malan & Hoon (1992).

Luz *et al.* (1993) apresentaram alguns resultados de propriedades físicas e mecânicas em duas populações de *E. grandis*, com idades diferentes, uma aos 14 anos manejada pelo método CCT e outra aos 7 anos, com manejo tradicional para chapa de fibras, sem desbaste. Os resultados comprovaram o efeito do desbaste e da idade nas propriedades físicas e mecânicas da madeira, ou seja, houve um aumento dos valores das propriedades com o aumento da idade e desbaste.

Em um trabalho com *E. grandis*, Migliorini (1986) analisou a variação da densidade básica da madeira em função de diferentes níveis de produtividade. O autor concluiu que a densidade se mostra inversamente proporcional ao ritmo de crescimento.

Berger *et al.* (2000) estudaram o efeito do espaçamento e da fertilização sobre a densidade básica (DB), módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) em uma população de um clone de *E. saligna*, aos 10 anos de idade. Concluíram que espaçamentos mais amplos influenciaram, significativamente, a densidade básica, MOE e MOR proporcionaram um aumento significativo dessas características.

Segundo Lima (2005), alta intensidade de desbaste induziu a produção de madeira com massa específica, mais homogênea ao longo do raio da tora, em uma população de *E. grandis*, aos 21 anos de idade.

Sabendo-se que o desbaste influencia nas propriedades das madeiras, este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a influência da intensidade de desbaste, em algumas propriedades físicas e mecânicas importantes da madeira em uma população de *E. grandis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no ano de 1982, em uma população de *E. grandis* Coff's Harbour, com idade de 26 meses, localizada em Bofete/SP. A população inicial era de 2.220 árvores/ha plantadas em espaçamento de 3,0 m x 1,5 m. A área experimental situava-se nas coordenadas geográficas de 23°04" de latitude Sul e 48°13" de longitude Oeste, numa altitude média de 600 m. O solo foi descrito como Latossolo Vermelho Amarelo, transição para Areia Quartzosa, ocupando uma microbacia favorável.

O manejo adotado foi o método CCT, conforme Hiley (1959), que consiste no estabelecimento progressivo de cinco tratamentos representando densidades populacionais de 100; 50; 33,3; 25 e 16,7% da população inicial. Cada tratamento, que permaneceu até o final da rotação, foi utilizado para se proceder aos desbastes dos tratamentos subseqüentes. A seqüência dos desbastes utilizada está indicada na TABELA 1.

TABELA 1 – Tratamentos aplicados dentro do experimento CCT, para *E. grandis*, aos 18 anos.

Desbaste seletivo (%)	nº de árvores/ha aos 18 anos
0	1.511
50	978
67	770
75	583
83	360

Pelo fato de os diversos tratamentos comportarem números diferenciados de árvores para corte final, estabeleceram-se parcelas de tamanho variável, desde 225 m², correspondente ao Tratamento 1, até 1.080 m², correspondente ao Tratamento 5.

Vários delineamentos foram utilizados no decorrer deste trabalho para analisar o experimento em questão, sendo todos eles baseados na amostragem aleatória de três árvores de cada um dos tratamentos mostrados na TABELA 1.

Inicialmente, foi realizado um inventário do experimento e, a partir da distribuição dos diâmetros obtida, definiu-se a classe de DAP (diâmetro à altura do peito, 1,30 m do solo) compreendida no intervalo de 25 a 30 cm, como aquela igualmente representativa de todos os tratamentos, para análise da madeira serrada. Na TABELA 2 estão representadas as distribuições dos diâmetros das populações em estudo.

TABELA 2 – Distribuição dos DAPs (cm) na população de *E. grandis*, aos 18 anos.

Desbaste (%)	Média da população	Média da amostra
0	19,16	29,98
50	22,17	28,75
67	24,86	29,92
75	26,60	29,95
83	30,12	29,96

Todas as árvores em estudo, num total de 15, foram então selecionadas dentro dessa classe, na tentativa de se uniformizar os diâmetros e evitar sua influência sobre os caracteres em estudo.

De cada uma dessas 15 árvores, foi retirada uma tora da base com 2,5 m de comprimento, totalizando-se 15 toras, as quais foram transportadas para a serraria, onde foram desdobradas após 48 horas.

O sistema de desdobro utilizado foi o método do bloco central, no qual são retiradas duas costaneiras opostas, simultaneamente, numa serra de fita geminada, sendo o bloco resultante reserrado numa serra circular múltipla.

Durante o desdobro das toras, procedeu-se à necessária e cuidadosa identificação de cada tábuca produzida quanto à sua origem e ao seu posicionamento espacial no interior da tora, visando aos estudos de variações longitudinais de algumas variáveis.

Foi selecionada uma tábuca nas proximidades da medula e outra da casca, de cada tora, num total de 30 tábuas, as quais foram secas ao ar num período de aproximadamente 4 meses.

Após a secagem das tábuas, foi retirado um corpo-de-prova de 2 x 2 x 3 cm, de cada tábuca, na região central das mesmas, que corresponde ao DAP da árvore, totalizando 6 corpos-de-prova por tratamento para posterior ensaio, para determinação das seguintes propriedades físicas e mecânicas: densidade básica (DB), massa específica (ME), retração volumétrica (RV) e resistência à compressão paralela às fibras (fc0).

Na obtenção da densidade básica, foi utilizado o método da balança hidrostática conforme Foelkel *et al.* (1971). Os corpos-de-prova foram saturados a vácuo por um período de aproximadamente um mês, em que se podem obter os pesos úmidos e imersos de cada corpo-de-prova. Posteriormente, os mesmos foram secos em estufa até atingirem o peso seco constante a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ e assim se pôde obter o peso seco.

Foi utilizada a expressão (1):

$$DB = \frac{P_s}{P_u - P_i} \quad (1),$$

em que:

DB = densidade básica (g/cm^3);

P_s = peso seco (g);

P_u = peso úmido (g), e

P_i = peso imerso (g).

Para a massa específica (ME) utilizaram-se corpos-de-prova de 2 x 2 x 3 cm o que possibilitou obter o peso e volume seco dos corpos-de-prova a 12% de umidade. Nesse caso se utilizou a expressão (2):

$$ME = \frac{P_{se}}{V_{se}} \quad (2),$$

em que:

ME (12%) = massa específica (g/cm^3);

P_{se} = peso seco a 12% de umidade (g), e

V_{se} = volume seco a 12% de umidade (cm^3).

A retração volumétrica (RV) foi obtida com corpos-de-prova de 2 x 2 x 3 cm, que saturados a vácuo por um período de aproximadamente um mês, possibilitaram obter o volume saturado de cada corpo-de-prova. Posteriormente os mesmos foram secos em estufa até atingirem o peso seco constante a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, o que possibilitou a medição do volume seco de cada corpo-de-prova.

A expressão utilizada foi (3):

$$RV = \frac{V_u - V_s}{V_s} (100) \quad (3),$$

em que:

RV = retração volumétrica (%);

V_u = volume úmido (cm^3), e

V_s = volume seco (cm^3).

Para se obter a resistência à compressão paralela às fibras, foram utilizados corpos-de-prova de pequenas dimensões de 2 x 2 x 3 cm. Primeiramente, foram medidas com um paquímetro digital as dimensões das áreas dos corpos-de-prova com teor de umidade ambiente em torno de 12%. Em seguida, foi realizado o teste de compressão paralela às fibras, em Máquina Universal de Ensaio com velocidade de aplicação de carga de 4.000 N por minuto.

Para esta variável foi utilizada a expressão (4):

$$fc0 = \frac{P_r}{A} C \quad (4),$$

em que:

fc0 = resistência na compressão paralela às fibras (MPa);
 P_r = carga de ruptura (N);
 A = área da seção transversal (cm²), e
 C = fator de correção de unidade 0,01.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas TABELAS 3 e 4 estão apresentados os resultados das análises de variâncias efetuadas para as variáveis: DB, ME, RV e fc0.

Os resultados das análises de resíduos, para os dados das variáveis, indicaram normalidade dos mesmos. Realizou-se, também, o teste de Hartley, para verificar a hipótese da homocedasticidade de variância, em que foi verificada a homogeneidade de variância dos dados, para todas as variáveis.

Na FIGURA 2 estão representados os valores médios de cada propriedade em estudo de cada tratamento e seus respectivos desvios-padrão.

TABELA 3 – Análise de variância para massa específica (ME) e densidade básica (DB) para *E. grandis*, aos 18 anos.

Causa de Variação	GL	(ME) F	(DB) F
Desbaste	4	3,57 ^{n.s}	4,43*
Árvore (Desbaste)	10	2,11 ^{n.s}	2,77 ^{n.s}
Posição	1	11,48*	9,60*
Posição x Desbaste	4	3,26 ^{n.s}	3,15 ^{n.s}
C. V.(%)		11,93	10,28

Em que: * = significativo a 5% de probabilidade; n. s = não significativo e C.V. = coeficiente de variação.

TABELA 4 – Análise de variância para resistência à compressão paralela às fibras (fc0) e retração volumétrica (RV) para *E. grandis*, aos 18 anos.

Causa de Variação	GL	(fc0) F	(RV) F
Desbaste	4	1,98 ^{n.s}	1,59 ^{n.s}
Árvore(Desbaste)	10	0,66 ^{n.s}	1,53 ^{n.s}
Posição	1	7,24*	0,07 ^{n.s}
Posição x Desbaste	4	1,88 ^{n.s}	1,40 ^{n.s}
C.V.(%)		12,98	20,35

Em que: * = significativo a 5% de probabilidade; n. s = não significativo e C.V. = coeficiente de variação.

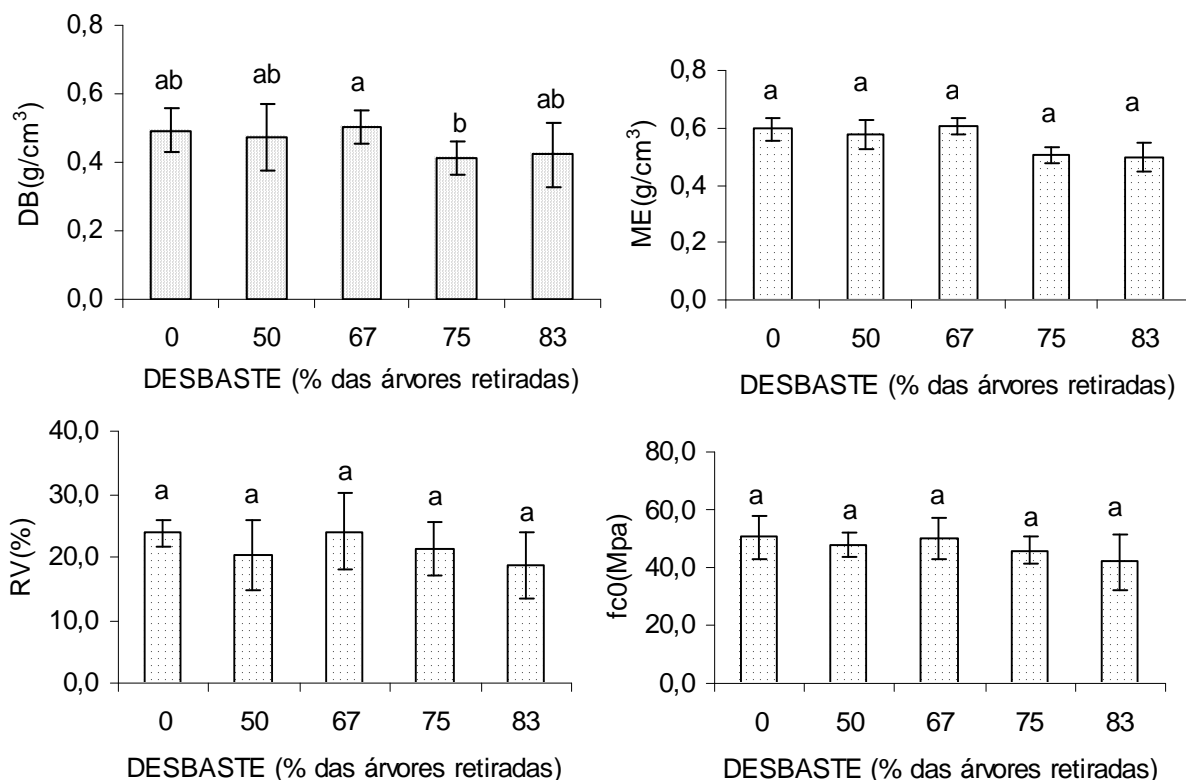


FIGURA 2 – DB, ME, RV e fc0 em função da intensidade de desbaste, para *E. grandis* aos 18 anos. Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Pelas análises dos dados efetuadas, das propriedades em estudo, verificaram-se os maiores valores na intensidade 67% de desbaste para as propriedades DB, ME e RV, com exceção do fc0. Os menores valores foram encontrados na intensidade 83% de desbaste para ME, RV, fc0 com exceção da DB que apresentou na intensidade de 75% os menores valores. Entretanto, somente para a variável densidade básica, ocorreu diferença estatística entre a intensidade 67% e 75% ($P < 0,05$). Para as outras variáveis não houve diferença estatística significativa ($P > 0,05$). Trata-se de um fato complexo que necessita uma análise mais profunda. Lima (2005) também não observou diferenças significativas entre diferentes intensidades de desbaste, para a massa específica de *E. grandis*, aos 21 anos de idade. Pode-se observar, então, uma certa tendência de desbastes de intensidades maiores, que aceleram o ritmo de crescimento, diminuírem os valores das propriedades em estudo. Migliorini (1986) constatou essa mesma tendência para a densidade básica, que mostra ser inversa ao potencial de crescimento populacional.

Resultados semelhantes aos obtidos por Wilkins & Horne (1991), os quais compararam populações não desbastadas e desbastadas de *E. grandis* aos 9,5 anos de idade e verificaram que os desbastes diminuíram a densidade da madeira.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se verificar que as diferentes intensidades de desbastes não provocaram influências sistemáticas nas propriedades em estudos, o que de certa forma é muito interessante, pois através de desbaste pode-se aumentar a produção de madeira de maior valor nas árvores de maior volume, sem prejudicar as propriedades da madeira.

Segundo Malan (1988), esses resultados também podem ser explicados pela tendência dos fatores genéticos terem sido mais influentes do que os fatores ambientais para essas propriedades da madeira, na classe de diâmetros amostrada.

Na FIGURA 3 estão representados os valores médios e desvios-padrão para cada propriedade nas posições da medula e casca, para cada tratamento.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.

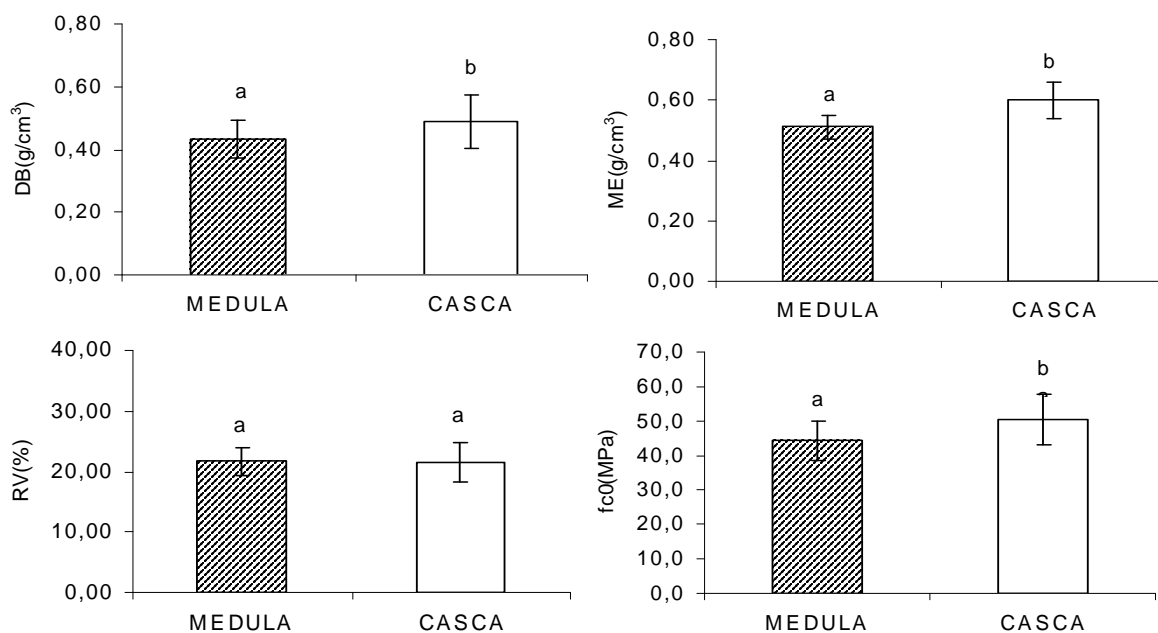


FIGURA 3 – DB, ME, RV e fc0 função da posição radial, para *E. grandis* aos 18 anos.

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à variação medula-casca, foi observado que para as variáveis: densidade básica, massa específica e resistência à compressão paralela às fibras, os valores da posição casca foram significativamente maiores que o da posição da medula ($P < 0,05$). Uma tendência um pouco diferente foi observada por Lima (2005), o qual verificou que alta intensidade de desbaste tende a produzir madeira com massa específica, mais homogênea ao longo do raio da tora, de uma população de *E. grandis*, aos 21 anos de idade.

Para a variável retração volumétrica os valores não se diferenciaram significativamente ($P > 0,05$). Em um outro trabalho, Malan & Hoon (1992) concluíram que os desbastes gradativos reduziram a variação medula-casca da densidade básica para *E. grandis*.

Também foi realizado um estudo de correlações entre as variáveis através de regressões, em que as melhores relações obtidas estão representadas nas FIGURAS 4, 5 e 6.

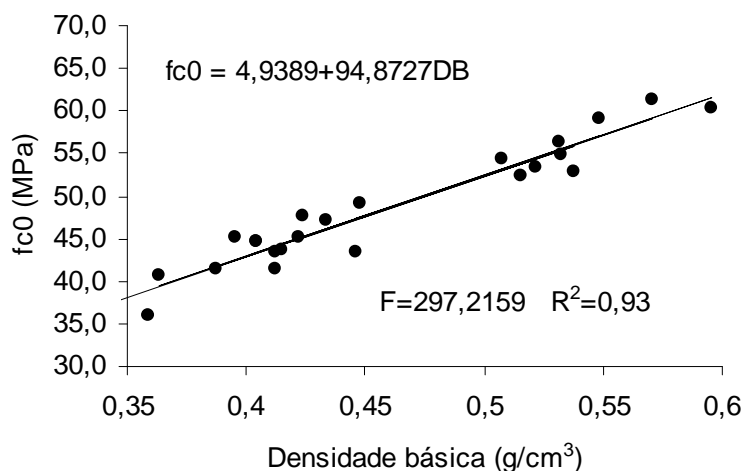


FIGURA 4 – Relação entre densidade básica (DB) e resistência à compressão paralela às fibras (fc0), para *E. grandis*, aos 18 anos.

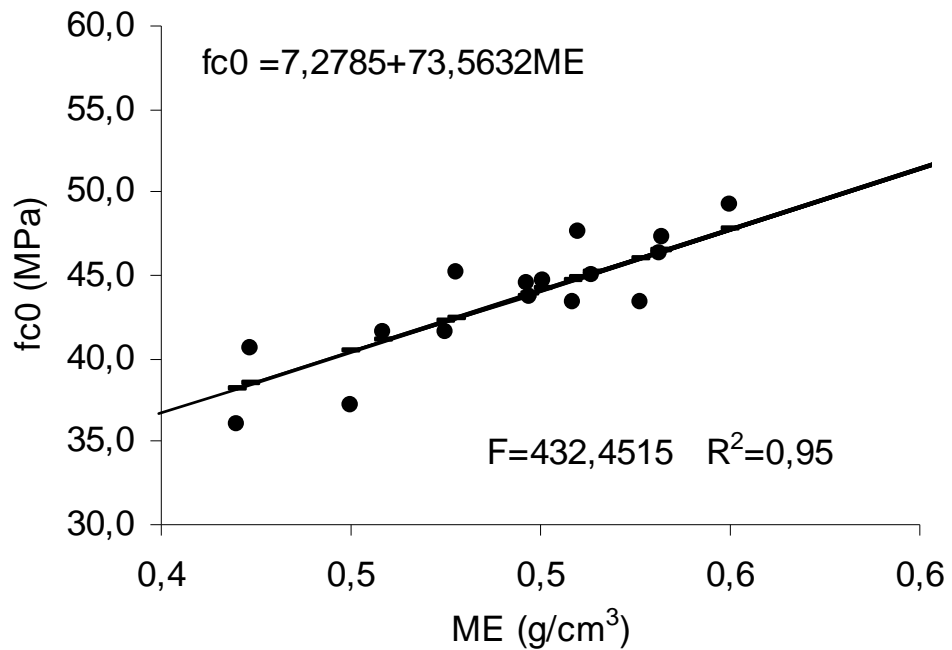


FIGURA 5 – Relação entre massa específica (ME) e resistência à compressão paralela às fibras (fc0), para *E. grandis*, aos 18 anos.

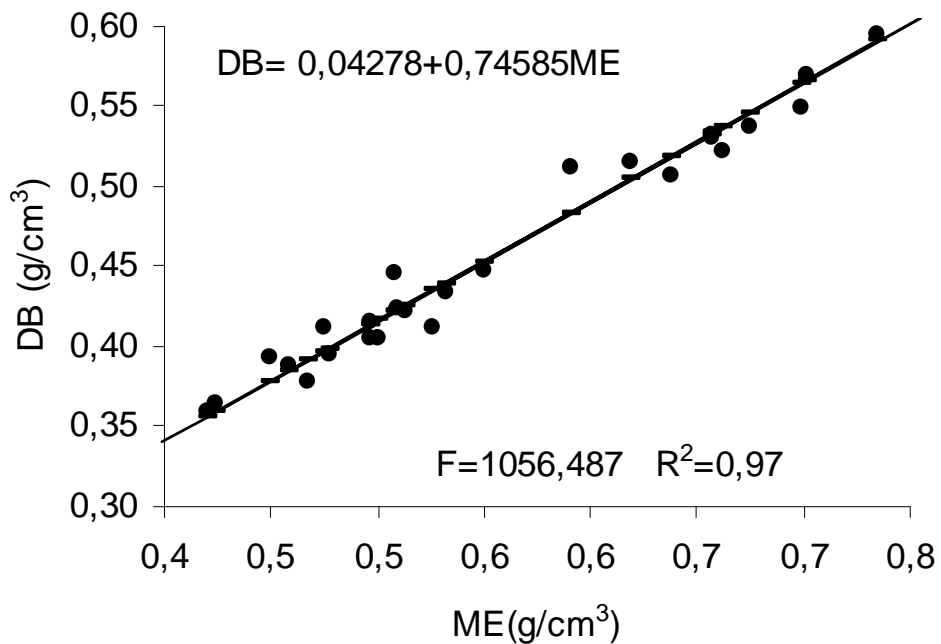


FIGURA 6 – Relação entre massa específica (ME) e densidade básica (DB), para *E. grandis*, aos 18 anos.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.

Através das FIGURAS 4 a 6 observou-se que ocorreram altas correlações positivas entre massa específica, densidade básica e resistência à compressão paralela às fibras, o que pode facilitar a avaliação de tais propriedades, podendo-se, então, estimar essas variáveis com uma certa segurança.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados foi possível concluir que:

- as diferentes intensidades de desbaste não influenciaram, significativamente, massa específica, retração volumétrica e resistência à compressão paralela às fibras, com exceção da variável densidade básica, para a qual foi constatada diferença somente entre a intensidade 67% com a intensidade 75%;
- para variação medula-casca, para densidade básica, resistência à compressão paralela às fibras e massa específica, a posição da proximidade da casca apresentou os maiores valores, enquanto para variável retração volumétrica não ocorreram diferenças significativas entre as posições, e
- observou-se, também, que ocorreram altas correlações entre massa específica, densidade básica e resistência à compressão paralela às fibras.

5 AGRADECIMENTOS

À Eucatex Florestal Ltda e aos seus funcionários, pelo fornecimento do material de estudo e o inestimável apoio logístico que propiciou o pleno desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira:** projeto NBR 7190/1997. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BAMBER, R. K. *et al.* Effect of fast growth on the wood properties of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry Research**, Melbourne, n. 12, p. 163-167, 1982.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BERGER, R. *et al.* Efeito do espaçamento e da fertilização sobre o crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., Santa Maria, 2000. **Anais...** Santa Maria: UFSM, CCR, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 2000. p. 209-236.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 65-74, 1971

HILEY, W. E. **Conifers: African methods of cultivation**. London: Faber and Faber, 1959. 123 p.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 2005. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, I. L. **Variação de propriedades indicativas da tensão de crescimento em função da posição na árvore e da intensidade de desbaste**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

LUZ, H. F. *et al.* Manejo de florestas de eucalipto para usos múltiplos. In: CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, 1., 1993, Curitiba/CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1993. p. 283-290.

MALAN, F. S. Wood density variation in four trees of South African grown *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden). **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 144, p. 36-42, 1988.

_____; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. **South African Forestry Journal**, Pretoria, v. 163, p. 13-20, 1992.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N. Influência do desbaste em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden.

MARSH, E. K. Some preliminary results from O'Connor's correlated curve trend (CCT) experiments on thinnings and spacings and their practical significance. In: BRITISH COMMONWEALTH FORESTS CONFERENCE, 21., 1957, Canberra. **Proceedings...** Canberra: CSIRO, 1957. p. 1-21.

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

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais.** Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

WILKINS, A. P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 40, n. 1/2, p. 39-50, 1991.

ANÁLISE DA FRAGILIDADE DO MEIO FÍSICO PARA AS ILHAS DE SÃO SEBASTIÃO E DOS BUZIOS: ESTUDO DE CASO¹

Marcio ROSSI²
João Roberto Ferreira MENK³
Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS⁴
Amanda de Fátima Martins CATARUCCI⁵

RESUMO

A área de estudo compreende as ilhas de São Sebastião e dos Búzios com ambiente natural bem preservado e se situa no litoral norte do Estado de São Paulo. O trabalho teve como objetivo adaptar e aplicar metodologia para análise da fragilidade do meio físico, buscando identificar zonas com diferentes graus de fragilidade, propiciando, por meio do mapeamento, subsidiar planos de uso da área. Foram obtidos diversos mapas que indicam os diferentes graus de fragilidade da área quanto aos aspectos e atributos dos principais elementos (litologia; densidade de lineamentos de fraturas; classes de declive; tipologia de vertente; tipologia, textura e profundidade de solos; e, vinculados às Unidades Básicas de Compartimentação - UBC que compõem o meio. Estabeleceram-se diferentes níveis de fragilidade para cada elemento, e com o cruzamento sucessivo de mapas temáticos desses elementos se obteve mapa síntese com os graus de fragilidade das áreas estudadas. O meio físico apresentou-se, de modo geral, bastante frágil com 65,6% da área total estabelecida na classe de fragilidade alta devido, principalmente, ao declive; 23,7% na classe muito alta, definido pela estrutura do relevo e litologia; 6,5% na classe média/alta, condicionado pela profundidade e textura dos solos e 2,8% na classe média, também definida pelo declive. O procedimento adotado foi eficaz na definição dessas classes.

Palavras-chave: meio físico; mapeamento; sistema de informação geográfica; Ilhabela; Serra do Mar.

1 INTRODUÇÃO

O arquipélago de Ilhabela localiza-se no litoral norte do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 23°42'00"S à 23°57'12"S e 45°00'01"W à 45°28'12"W. É compreendido pelas ilhas de São Sebastião, de Búzios e da Vitória, além das ilhotas das Galhetas, Castelhanos e Lagoa,

ABSTRACT

The study was developed in São Sebastião and Búzios islands, located in São Paulo State sea shore, Brazil, where natural environment is preserved. Aiming at adjusting and applying methodology to analyze environment fragility and identify zones of different fragility degree, by mapping and subsidy land use planning. Maps were obtained, which indicated different fragility degree concerning characteristics of main environment elements: lithology; density of fracture lines; declivity classes; slope typology; soil typology, texture and depth; and, basic units of relief. Each element was, one by one, analyzed and settled different fragility levels in order to obtain several thematic maps. From successional crossing of thematic maps, it was obtained a synthesis map with fragility degree of the study area. Physical environment, generally speaking, is very fragile; from the total area 65,6% is of high fragility due mainly to declivity; 23,7% is of very high fragility due to relief structure and lithology; concerning soil depth and texture 6,5% is of middle/high fragility; and, 2,8% is of middle fragility, also defined by declivity. The proceeding was efficient for fragility class definition.

Key-words: physical environment; mapping; geographical information system; Ilhabela; Serra do Mar.

na Baía de Castelhanos; do Codó, Figueira e Enchovas, na Enseada das Enchovas; das Cabras (Santuário), no canal de São Sebastião; da Serraria, a NE da ilha de São Sebastião; da Sumitica a SO da ilha dos Búzios, e dos Pescadores e das Cabras a N da ilha da Vitória. O trabalho centrou-se nas ilhas de São Sebastião e dos Búzios ocupando área de 34.331,08 ha (FIGURA 1).

(1) Aceito para publicação em novembro de 2005.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: rossi@iflorestal.sp.gov.br

(3) Instituto Agrônômico, Caixa Postal 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: menk@fasternet.com.br

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: imattos@iflorestal.sp.gov.br

(5) Estagiária – FUNDAP, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

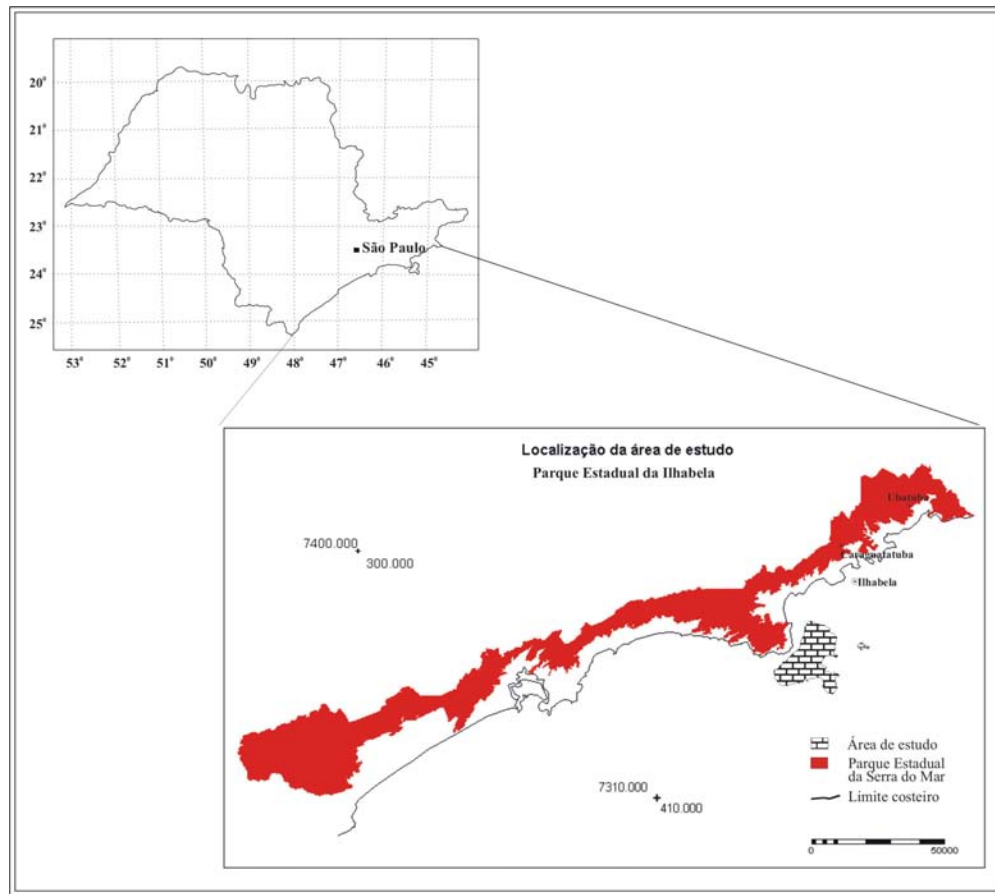


FIGURA 1 – Mapa de localização das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

Köppen *apud* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1981a) classifica o clima da região em que está inserido o arquipélago de Ilhabela como sendo do tipo Af, Tropical Super Úmido sem estação seca na zona das baixadas litorâneas, passando para o tipo Cfa, Mesotérmico Úmido sem estação seca, com verão quente, em direção à serra costeira.

Segundo Monteiro (1973) as regiões envolvidas no trecho costeiro ao sul da ilha de São Sebastião apresentam crescente aumento da participação das massas polares, devido ao aumento da latitude, e possuem pluviosidade mais acentuada em relação ao setor norte do litoral. É uma região predominantemente controlada por massas tropicais e polares. A elevação e proximidade da serra, aliadas à direção oposta às correntes do sul, permitem que esse trecho central do litoral paulista, seja a área de maior pluviosidade do estado. Os índices anuais ficam entre 1.500 mm e 2.500 mm, podendo chegar até 4.500 mm em certos trechos.

Segundo Hennies & Hasui (1977), a ilha de São Sebastião é constituída, predominantemente, por rochas granitóides pré-cambrianas, com foliação

orientada direção NE, penetradas por intrusões mesozóicas em forma de diques, três “stocks” de rochas alcalinas e um menor básico-alcalino, denominados Corpos Alcalinos do Litoral Norte pelo IPT (1981b), já identificados por Freitas (1947), o da Serraria, de São Sebastião e núcleo da Península do Boi (stock do Mirante), havendo outros menores e estão distribuídas nas porções norte, sudeste e sudoeste da ilha de São Sebastião, centro-leste da ilha dos Búzios e embasando a ilha da Vitória. Segundo Rossi *et al.* (2002), as principais rochas encontradas dentro dessa litologia são os sienitos.

As rochas mais antigas pertencem ao chamado “Complexo Costeiro”, conforme classificado por IPT (1981b). Na ilha de São Sebastião, Rossi *et al.* (2002) identificam uma unidade de gnaisses, constituídos de gnaisses porfiroblásticos e granito-gnaisses porfiroblásticos, migmatizados. São rochas deformadas, metamorizadas, que podem se apresentar de pouco a muito fraturadas. Para a ilha de Búzios IPT (1981b) constata a ocorrência de granulitos intensamente migmatizados e feldspatizados.

As rochas eruptivas básicas, segundo Hennies & Hasui (1977), se apresentam, principalmente, como diques de diabásio de espessuras variáveis e extensão apreciável. Distribuem-se numa faixa paralela à costa ocidental da ilha, na direção SW-NE, estendendo-se do extremo sul da ilha até a região central, onde se bifurcam, e permanecem encobertos pelas estruturas litológicas, até reaparecerem no extremo norte da ilha, paralelos a estes existem outros diques de menor extensão, observados nas zonas central e centro-sul da ilha.

Os autores salientam que os grandes diques básicos se destacam no relevo, constituindo cristas lineares ou linhas de morros de direção NE, sendo as mais salientes encontradas na região central da ilha.

Hennies & Hasui (1977) mencionam, ainda, a presença de um stock menor, denominado stock das Canas, localizado no extremo norte da ilha, formada por rochas básico-alcálicas. Há, também, diques alcalinos de portes e aspectos variados, podendo aparecer como delicados veios ou corpos tabulares de alguns metros, predominando a direção NE, e diques de rochas ultrabásicas observadas na costa NE da ilha, voltada para o canal de São Sebastião, podendo estes cortar inclusive o corpo básico-alcálico. As bordas de intrusão encontram-se caracterizadas, no relevo, por elevações destacadas ou por arcos de serras anelares.

Freitas (1947) destaca que na costa ocidental da ilha de São Sebastião, ao longo do canal, a ausência de arrebentação das ondas e o domínio da sedimentação causada pelo jogo das correntes marinhas e dejeção fluvial permitem a existência de um maior número de praias, em decorrência do menor poder abrasivo.

Segundo IPT (1981a), o arquipélago pertence à Província Costeira, e se caracteriza, geomorfologicamente, por relevos de denudação predominantemente do tipo montanhoso e por uma pequena área de planícies costeiras.

Ross & Moroz (1997) classificam-no como pertencente à Província do Planalto Atlântico, inserido na unidade regional de relevo “Escarpa/Serra do Mar e Morros Litorâneos”, cujo modelado dominante é constituído por escarpas e cristas e morros altos.

Nessa unidade, o relevo se apresenta bastante dissecado, com vales de grande entalhamento e alta densidade de drenagem com padrão dendrítico, adaptado às direções das estruturas que estão relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos.

Hennies & Hasui (1977) caracterizam o relevo como muito acidentado, onde se sobressaem os picos culminantes da ilha. Entre essas áreas, o relevo é de morros ou colinas, menos acidentados, incluindo algumas planícies fluviais.

Na costa ocidental da ilha de São Sebastião, as altitudes variam de 200 a 300 m e na porção sudeste chegam a 520 m. Porém, prevalecem altitudes acima de 900 m, ocupando a porção central da ilha. Na ilha de Búzios, as altitudes alcançam até 400 m, e na ilha da Vitória não ultrapassam 240 m. Os declives dominantes nos modelados escarpados são de 20-30% e > 30%, e nos morros altos de 20 a 30%.

A área de planícies costeiras é constituída por terrenos baixos e mais ou menos planos, próximos ao nível do mar, com baixa densidade de drenagem (IPT, 1981a). Denominadas por Ross & Moroz (1997) de planícies marinhas, estendem-se numa estreita faixa na costa ocidental da ilha de São Sebastião, na direção centro-norte. São formadas por sedimentos recentes do tipo marinho e misto, de deposição flúvio-marinho-lacustre e depósitos de mangue.

Na caracterização da compartimentação geomorfológica do Parque Estadual de Ilhabela, Rossi *et al.* (2002) definem duas unidades fisiográficas distintas no domínio de Planícies Litorâneas: as Planícies-Terraços e os Depósitos de Tálus/Colúvio. As Planícies-Terraços, representadas pelos terraços marinhas, sofrem maior influência do mar e fazem limite com as planícies flúvio-lacustres pela hidrografia ou orografia. Seu ambiente é caracterizado pela presença de cordões arenosos que acompanham a linha de costa, formados por sedimentos praias, principalmente areias finas a médias.

Os Depósitos de Tálus/Colúvio referem-se aos depósitos de materiais colúvio-aluvionares de dimensões variadas, de frações arenosas a matações, observáveis em fotografias aéreas e presentes nas encostas de escarpas.

São provenientes do transporte fluvial, formados a partir das acumulações de sedimentos continentais diversos, sobretudo areno-argilosos, que podem ser regularmente retrabalhados. Segundo Rossi *et al.* (2002), se localizam, em geral, próximos ao sopé das encostas, formando a superfície de contato entre as escarpas com a planície. Ocupam uma pequena área na região central da costa ocidental da ilha de São Sebastião e são datados do Quaternário holocênico (IPT, 1981b).

Segundo IPT (1981a), predominam eventos de escorregamentos e rastejo nos depósitos coluvionares de meio encosta. Por serem, os corpos de tálus, provenientes de escorregamentos envolvendo solo e rocha, é possível verificar quedas de blocos devido à remoção dos materiais terrosos subjacentes.

Nas áreas de planícies costeiras, Ross & Moroz (1997) identificam a ocorrência de solos do tipo aluviais, podzol hidromórficos, hidromórficos e orgânicos. Por ser uma área sujeita a inundações periódicas, com presença de lençol freático pouco profundo e de sedimentos inconsolidados sujeitos a acomodações, possui susceptibilidade muito alta à ocorrência de processos do meio físico.

Rossi *et. al.* (2002) detalham a unidade de Escarpas e Morros Litorâneos de Ross & Moroz (1997) do Parque Estadual de Ilhabela, identificada como “Domínio de Escarpas” pelos autores. Subdividem-na em unidades de paisagem, e as caracterizam, de acordo com a morfologia apresentada, nas seguintes unidades: Escarpas em Anfiteatro, Escarpas Retilíneas, Morros e Serras Restritas Paralelas, Morros e Serras Restritas Convexas, Morros e Serras Restritas Agudos e, finalmente, Depósitos de Tálus e Colúvios.

As Escarpas em Anfiteatro são definidas como encostas muito entalhadas, sendo freqüente a ocorrência de cabeceiras de drenagem e grotas profundas de forma côncava, caracterizadas por padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico, de densidades diversas.

As Escarpas Retilíneas possuem encostas retilíneas e verifica-se à ocorrência de afloramentos rochosos. Apresentam-se, nesse caso, caracterizadas pela unidade de padrão de drenagem subparalelo a paralelo, cujo entalhamento dos vales é maior que 500 m, e as declividades superiores a 45%.

Os Morros e Serras Restritas Convexas possuem topos convexos observáveis e distribuídos em manchas homogêneas, obedecendo ao padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico.

Os Morros e Serras Restritas Agudos possuem topos predominantemente agudos, observáveis muitas vezes em cristas assimétricas e simétricas, obedecendo ao padrão de drenagem que varia de subparalelo a dendrítico, predominando a unidade de baixa densidade de drenagem.

Nas unidades de relevo descritas acima predominam solos do tipo Cambissolos, Neossolos Litólicos e Afloramentos Rochosos, conforme descrito por Ross & Moroz (1997).

Possuem fragilidade potencial muito alta, pois estão associados às formas muito dissecadas, com vales entalhados a vales pouco entalhados, alta densidade de drenagem e vertentes muito inclinadas. São, portanto, áreas sujeitas a processos erosivos agressivos com ocorrência de movimentos de massa e erosão linear.

Conforme apresentado por IPT (1981a), na serra e morraria costeira a vegetação original predominante é composta por espécies arbóreas, epífitas, lianas, arbustivas e herbáceas disseminadas, constituindo a Mata Tropical Latifoliada. A intensa vegetação existente na serra costeira garante certa inibição na manifestação de fenômenos de erosão hídrica.

Brasil (1983) inclui a região de Ilhabela ao Domínio Fitogeográfico da Floresta Ombrófila Densa, apresentando-se, também, nas subformações de Floresta Montana e Floresta Submontana. Denominada, também, Mata Atlântica, a floresta recobre a cadeia de montanhas e os rebordos do Planalto Atlântico, chamada de Serra do Mar em São Paulo, e acompanha a costa do Brasil de norte a sul, podendo estender-se para o interior. Descreve a vegetação da Floresta Montana pela presença de um estrato dominante em torno de 25 m de altura, composta de macrofanerófitas e outro estrato repleto de meso e nanofanerófitas de diversas espécies das famílias Rubiaceae, Myrtaceae e Melastomaceae, além das Palmae, Pteridophytae, Bromeliaceae e grande quantidade de epífitas e lianas. Ocupam a faixa de altitude de 500 a 1.500 m no relevo e são embasadas por rochas pré-cambrianas ou alcalinas cretáceas, como as da ilha de São Sebastião.

A Floresta Submontana ocupa as áreas dissecadas, na faixa de altitude entre 50 e 500 m, sobre rochas pré-cambrianas, e caracteriza-se por possuir estrutura fanerófitica, com ocorrência de caméfitas, epífitas e lianas e a presença de um estrato de até 25-30 m de altura. De acordo com Brasil (1983), é comum a presença de plântulas de regeneração de espécies do estrato inferior, assim como de algumas criptófitas e caméfitas das famílias Rubiaceae, Myrtaceae e Melastomataceae.

Para Lino (1992), a vegetação caracteriza-se por uma fisionomia alta e densa, com elevado número de espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos. A vegetação dos níveis inferiores vive em um ambiente sombrio e úmido, sempre dependente do estrato superior, com grande número de lianas, epífitas, fetos arborescentes e palmeiras.

Ao longo da costa ocidental da ilha de São Sebastião, estende-se uma faixa estreita classificada por BRASIL (1983) como Vegetação Secundária sem Palmeira, referente à presença de vegetação alterada pela ação antrópica. Portanto, é descaracterizada da vegetação original e dominada por indivíduos secundários.

Diversos estudos enfocam os riscos, vulnerabilidade e fragilidade de áreas. Nalon (2000) sugere um modelo de avaliação de risco de escorregamento para a área do Parque Estadual da Serra do Mar, região de Cubatão, a partir do processamento e análise dos dados obtidos dos mapas temáticos de cobertura vegetal, pedologia, litologia, morfologia, hipsometria, clinografia, exposição de vertentes e da precipitação pluviométrica – considerados dados de instabilidade – somado a um modelo estatístico multivariado, a análise discriminante. Gerou, assim, tabelas de resultados para cada combinação do cruzamento dos dados das variáveis categóricas nas áreas com e sem escorregamento, com as variáveis independentes (fatores de instabilidade).

Com a aplicação da análise discriminante obteve, então, para cada área de escorregamento e sem escorregamento, a porcentagem de ocorrência de cada variável em seu interior. Os dados dessa tabela gerada foram introduzidos no SIG, gerando um mapa de risco de escorregamento da área de estudo, agrupando-se as probabilidades de ocorrência de escorregamentos em classes de risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

Augusto Filho (1994) desenvolveu uma proposta metodológica de cartas de riscos de escorregamento, na escala 1:10.000, voltadas às condições ambientais e socioeconômicas brasileiras, através do uso da cartografia digital e sistema de informações geográficas – IDRISI 4.0 – para o município de Ilhabela, a partir de mapas temáticos de hipsometria, geologia, geotecnia, declividade, uso do solo, cicatrizes de escorregamentos e grupos de uso do solo (ocupação).

Utilizando modelos fenomenológicos de escorregamentos, posteriormente readequados por meio de retroanálises regionais, o autor definiu as unidades de análise em setores de encosta e bacias hidrográficas, com predomínio de escorregamentos e corridas de massa, respectivamente.

A análise da frequência desses processos em relação aos condicionantes de declividade, litologia e uso e ocupação do solo permitiu o zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos, agrupados em quatro classes homogêneas, três relativas ao solo e uma à rocha, e o zoneamento de suscetibilidade

às corridas de massas, classificadas quanto ao risco baixo, médio e alto. Esses resultados conjugados ao zoneamento da ocupação quanto aos danos humanos (sociais) e econômicos (classificação das formas de uso e ocupação) chegou-se, finalmente, a zonas de risco atual e de risco potencial, subsidiando medidas corretivas ou de planejamento.

Souza *et al.* (1998) propuseram um método de mapeamento de fragilidades geoambientais, para dar suporte ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Baixada Santista, SP. A metodologia assemelha-se ao método descrito em São Paulo (1996) e Souza *et al.* (1998), aplicado para a região de São Sebastião. A área estudada foi compartimentada em unidades fisiográficas relacionando elementos da geologia, geomorfologia, geotecnia, cobertura vegetal, solos e gênese geológica. A partir daí, as fragilidades geoambientais foram associadas às suscetibilidades naturais de ocorrência de riscos geológicos e hidrológicos relacionados a movimentos de massa, inundação e erosão costeira, e classificadas de acordo com os graus alto, médio e baixo de risco.

Anbalagan & Singh (1996) adotam um método para a construção de mapas de risco, a partir do entendimento de que o risco é uma função da probabilidade do perigo e do potencial de perdas (de vidas, propriedades, estradas, etc.). O mapa de risco indicaria, então, as prioridades para o manejo do perigo de escorregamentos, entendido como a probabilidade de ocorrência do perigo, que se refere à existência de fenômenos naturais, como desmoronamentos, quedas de blocos, entre outros.

A partir daí, estabelecem-se Zonas de Perigo de Escorregamento (ZPE), que dividem a área estudada em zonas de variação quanto ao grau de estabilidade, baseado na significância estimada dos fatores causadores da indução de instabilidade. Os mapas de ZPE são preparados a partir de um mapa de facetas de declividade, derivado de um mapa topográfico. A faceta é uma porção da vertente que apresenta relativa similaridade com as características da declividade, quanto à direção compatível da vertente e a sua inclinação. Os mapas de ZPE podem ser preparados a partir de um sistema de categorias numéricas chamados Fator de Avaliação de Perigo de Escorregamento (FAPE). A partir do mapa de ZPE, a relação entre a probabilidade de perigo e o potencial de perdas pode ser obtida. Para a probabilidade de perigo são estipuladas cinco classes: Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo.

O potencial de perda é obtido pela estimativa da extensão do prejuízo aproximado, caso ocorra um escorregamento. O prejuízo pode ser classificado em duas categorias: de perda de vidas e prejuízos, e perdas de terras e propriedades; para cada categoria são estabelecidos índices, que classificam a área estudada, quanto ao potencial de perda, em Muito Alto, Alto, Médio, Baixo e Muito Baixo. O histórico do total de perdas passadas pode ser utilizado como base para a elaboração de categorias.

O mapa de risco é obtido, então, a partir das taxas de risco determinadas através de uma matriz, que indicam a relação entre a probabilidade do perigo e o potencial de perdas. Para cada categoria do potencial de perdas é estabelecida uma matriz diferente, dessa forma há produção de mapas de risco distintos: um equivalente ao potencial de perda quanto à vida de pessoas e outro quanto ao prejuízo de terras e propriedades.

Turrini & Visintainer (1998) realizam a adaptação da metodologia de cartografia numérica na definição de áreas de perigo de escorregamentos sugerida por Anbalagan. Os autores estabelecem como fatores de perigo: a erodibilidade e degradabilidade das rochas e depósitos do Quaternário; a permeabilidade do solo para identificar as áreas predispostas à pressão hidráulica; o raio geométrico entre as descontinuidades e as declividades, a espessura dos depósitos quaternários; o ângulo das declividades, e o uso do solo. O método consiste na construção de mapas temáticos de cada fator de predisposição a escorregamentos. Em cada mapa o território é dividido em áreas homogêneas, e com base na importância do fator representado, estabelecem-se valores entre 0 e 2, de acordo com a influência que cada fator apresenta naquela área. Dessa forma, os valores máximos atribuídos aos fatores erodibilidade; permeabilidade; estrutura; inclinação das declividades; uso de solo e cobertura vegetal são 2. Os mapas temáticos construídos são sobrepostos e a variável parcial das categorias é somada ou multiplicada.

O mapa resultante contém “microfacetas” e de acordo com as categorias estabelecidas – que são representativas da influência total dos cinco fatores – para cada microfaceta, indica-se a estabilidade daquela porção da vertente.

Esse mapa, no entanto, não pode ser usado porque a quantidade de zonas obtidas dessa maneira torna a interpretação muito difícil; portanto, é necessária a reclassificação dos valores para obter-se, então, o mapa final de perigo de escorregamentos.

Besio *et al.* (1998) propõem a criação de um modelo experimental de planejamento integrado, a partir da combinação de taxas de risco natural do território por mapeamento da área através da determinação detalhada da capacidade de uso do solo.

Consiste na individualização do risco hidrológico e geomorfológico, sendo possível, a partir daí, calcular o risco de escorregamentos. O risco é expresso pela multiplicação do “Perigo”, definido como a potencialidade destrutiva de um fenômeno alcançado em um determinado período de tempo e área; com o “Elemento de Risco”, relativo à população, propriedades e indústrias, e a “Vulnerabilidade”, que consiste no grau de perda, sustentado por um elemento particular ou grupo de elementos expostos a um risco determinado por um fenômeno natural de certa intensidade. O risco total é dado a partir da predisposição ao desencadeamento do risco dado pela fragilidade dos elementos naturais (litologia, declividade, uso do solo e vegetação) e a intensidade dos fenômenos referentes a uma condição natural. Somado à predisposição do risco estão os elementos referentes ao risco (população, indústria, rodovias) que dão o grau de vulnerabilidade ao risco total. O mapa de risco ambiental é a síntese dos resultados da previsão de risco descrito nos mapas.

Como se pode notar, procurou-se no presente trabalho demonstrar os vários procedimentos que podem ser adotados e os muitos autores que tratam do risco de desenvolvimento a processos de movimento de massa, ou seja, o perigo de ocorrência destes associado às perdas de vidas ou patrimônio. Esses estudos também estabelecem índices que fornecem os graus de suscetibilidade à ocorrência do evento.

Neste trabalho, a abordagem é feita avaliando-se a fragilidade do ambiente somente quanto aos seus aspectos físicos de forma qualitativa, por meio dos atributos do meio, e não quanto aos seus riscos associados.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivos identificar e mapear classes de fragilidade quanto aos aspectos do meio físico, através de interpretações dos atributos de cada elemento estudado, utilizando-se processos e tratamentos de geoestatística.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi elaborado estudo dos atributos do meio físico das ilhas de São Sebastião e dos Búzios, por meio de cruzamento de informações do meio físico (litologia; densidade de lineamentos de fraturas; classes de declive; tipologia de vertente; tipologia, textura e profundidade de solos, vinculados às Unidades Básicas de Compartimentação - UBC) gerando um mapa que reflete a importância dos atributos pesquisados, sintetizados em uma análise da fragilidade do meio físico.

Dessa forma, foi elaborado um mapa da fragilidade do meio físico adaptando-se os procedimentos de Ross (1990) e Mattos *et al.* (1996), que identifica diferentes graus de fragilidade utilizando as informações dos elementos do meio físico. Para tanto, foram utilizadas as informações obtidas através dos mapeamentos e levantamentos realizados no Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA), fase 2, por Rossi *et al.* (2002) e informações bibliográficas e cartográficas já existentes. A integração foi realizada por meio de Sistema de Informações Geográficas em programa Ilwis 3.0, sendo posteriormente exportada para o programa ARC View.

Para essa análise foram gerados mapas e tabelas dos seguintes elementos: Unidades Básicas de Compartimentação - UBC, estrutura do relevo, litologia (grau de deformação, fraturamento, bandeamento), densidade de lineamentos de fraturas (lineamentos por 4 km²: < 10; 10-25; 25-45; > 45), solos (tipo, textura e profundidade), declives (classes: 0-2°; 2-5°; 5-15°; 15-30°; > 30°) e informações bibliográficas. Para cada elemento estudado foram estabelecidos graus de fragilidade (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) e gerados mapas que foram integrados posteriormente.

A compartimentação da paisagem, estabelecendo-se UBCs, foi definida, inicialmente, pela divisão em grandes domínios de relevo em setores morfológicos distintos: Escarpas e Serras, e Planícies Litorâneas, com base na divisão de unidades morfoesculturais de Ross & Moroz (1997). Esses setores foram subcompartimentados segundo características de conjunto observadas na interpretação de imagens de satélite Landsat 5, bandas 3, 4 e 5 de 1993, em escala 1:50.000, conforme critérios de homogeneidade textural (tipo, densidade, arranjo, estruturação e organização dos elementos texturais) e assimilação de informações bibliográficas, principalmente de Ross & Moroz, *op. cit.*, p. 163,

na caracterização das densidades e padrões de drenagem, na dimensão interfluvial e grau de entalhamento dos vales, e também de IPT (1981) e Vedovello (2000a, b), na caracterização das formas e nomenclatura adotadas.

Os mapas e as informações produzidas, e/ou compiladas de trabalhos publicados, foram cruzados, procedendo-se primeiro a uma generalização e simplificação das informações e utilizando-se como indexador de todos os elementos estudados as UBCs, seguindo as principais etapas:

- 1) cruzamento da classe de declive com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC) para obtenção da classificação da fragilidade quanto ao declive por UBC e por célula de 20 m;
- 2) cruzamento dos lineamentos de fratura com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da densidade de fraturamento por UBC e posterior classificação da fragilidade do fraturamento por célula de 20 m;
- 3) cruzamento dos solos com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade dos solos por UBC e por célula de 20 m;
- 4) cruzamento da litologia com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade da litologia por UBC e por célula de 20 m;
- 5) cruzamento da estrutura (textura do relevo e da drenagem) com as Unidades Básicas de Compartimentação - UBC para obtenção da classificação da fragilidade da estrutura por UBC e por célula de 20 m, e
- 6) integração e cruzamento dos conjuntos de fragilidade relativos ao declive, fraturamento, solo, litologia e estrutura do relevo pelo grau máximo de fragilidade dos componentes do meio físico.

A seguir são detalhados os passos para a obtenção dos mapas e tabelas intermediários de fragilidade.

UBC

Partiu-se das Unidades Básicas de Compartimentação - UBC, transformando os polígonos gerados no programa Ilwis 3.0 para o formato raster de maneira a colocar um identificador único para cada delineamento da UBC, estabelecendo-se, assim, uma tabela contendo a identificação dos polígonos e das UBCs (FIGURA 2).

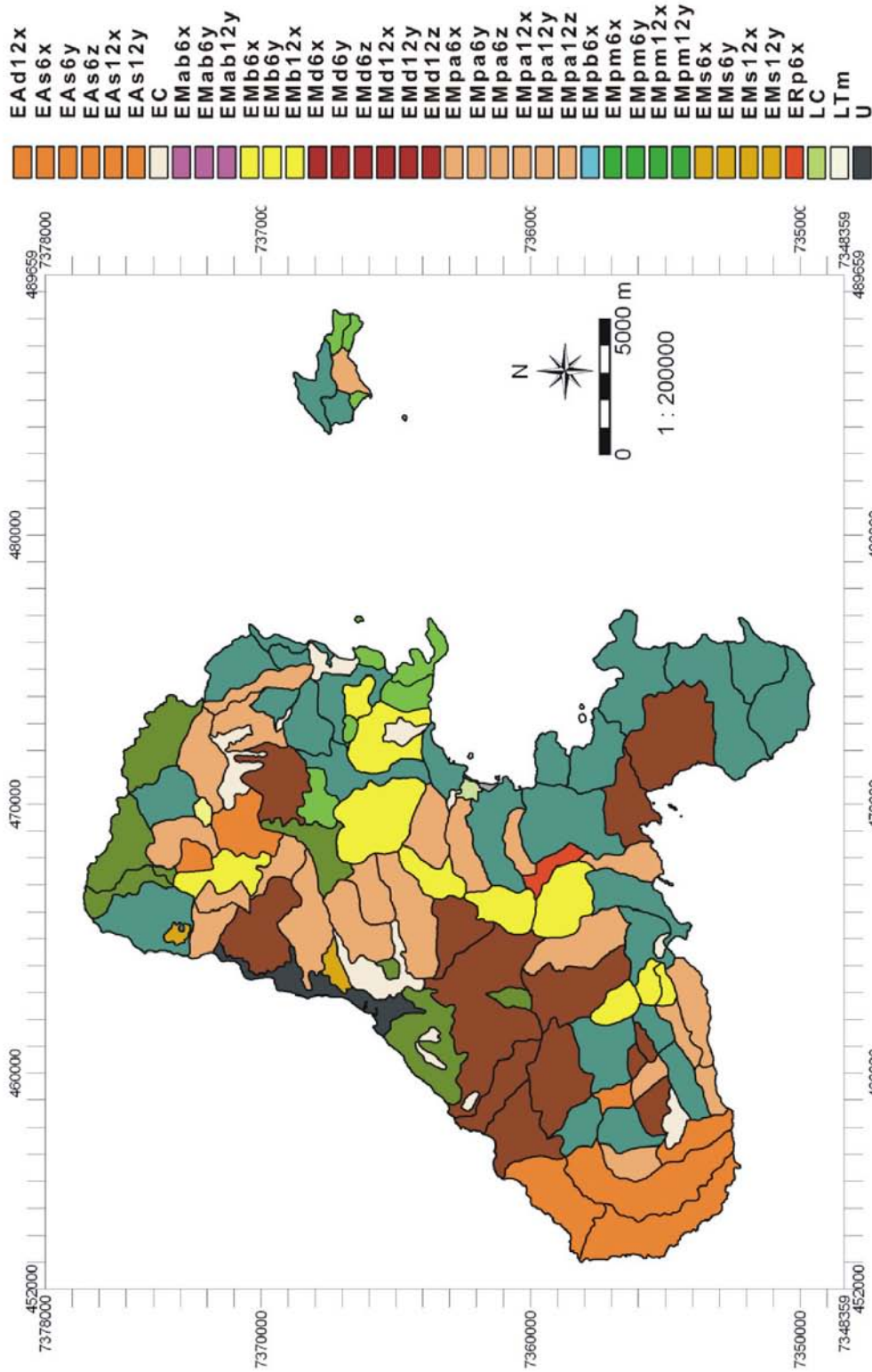


FIGURA 2 - Mapade Unidades Básicas de Compartimentação das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

Fraturamento

Utilizando-se a tabela acima foi estabelecida uma agregação, agrupamento dos lineamentos de fraturas por identificador de cada UBC e efetuada uma contagem (estabelecimento de área e porcentagem).

Essa área e porcentagem foi utilizada para estabelecer uma base e determinar o grau de fragilidade decorrente do fraturamento mapeado, seguindo o padrão de número de fraturamento/4 km², que na escala trabalhada (1:50.000) equivale à contagem de fraturamento x 4.000.000 m²/área obtida anteriormente (m²). O índice obtido dessa operação foi reclassificado segundo os parâmetros: < 10 = baixo; entre 10 e 25 = médio; entre 25 e 45 = alto; > 45 = muito alto. Com essa informação se estabeleceu um raster, que foi associado ao raster da UBC para obtenção de um mapa de fragilidade de fraturamento (FIGURA 3).

Solos

A partir de um mapa de solos poligonizado, estabeleceu-se um raster que foi cruzado com o raster da UBC para obter a tabela dos identificadores da UBC para cada unidade de mapeamento de solos.

Para cada tipo de solo foi estabelecido um grau de fragilidade em função de atributos como: textura (arenosa = baixa, média = alta, argilosa e muito argilosa = média, binária = alta a muito alta), profundidade efetiva (raso = muito alta, pouco profundo = alta, profundo = média), capacidade de infiltração de água (CI) (alta CI = baixa, baixa CI = média, CI irregular = alta), arranjo dos horizontes e camadas dos solos (descontinuidade = alta, homogeneidade = baixa) e contato com a rocha subjacente (abrupto impermeável = muito alto, abrupto fragmentado = alto, descontínuo = médio, brando = baixo). Assim, se obteve um mapa da fragilidade dos solos contendo as seguintes classes: muito baixa = solo E; médio = solos C12 e PV12; média/alta = solos C6 e C12A; alta = C6A, PV6 e RL12, e muito alta = RL6 (FRAGSOLOS), em que: E = espodossolo; C6 = cambissolo háplico formado sobre gnaisses porfírbásticos; C6A = cambissolo háplico formado sobre gnaisses porfírbásticos com dissecação mais pronunciada; C12 = cambissolo háplico formado sobre sienitos; C12A = cambissolo háplico formado sobre sienitos com dissecação mais pronunciada; PV6 = argissolo formado sobre gnaisses porfírbásticos; PV12 = argissolo formado sobre sienitos; RL6 = neossolo litólico formado sobre gnaisses porfírbásticos, e RL12 = neossolo litólico formado sobre sienitos (FIGURA 4).

Geologia

A partir das UBCs criou-se uma tabela individualizando as unidades geológicas e estabelecendo o grau de fragilidade de cada unidade geológica encontrada, seguindo os índices: baixo = sienitos (12); médio = gnaisses porfírbásticos (6); alto = cordões marinhos; muito alto = depósitos fluviais de encosta (colúvios) na escarpa (EC) e colúvios e elúvios na planície litorânea (LC), resultando em um mapa raster de fragilidade de geologia (FIGURA 5).

Estrutura

A partir das UBCs criou-se uma tabela individualizando as unidades estruturais e estabelecendo o **grau de fragilidade** de cada unidade encontrada, seguindo os índices: baixo = para áreas compostas por EC, LC e LTm; médio = para áreas com grau de estruturação X; alto = para áreas com grau de estruturação Y, e muito alto = para áreas com grau de estruturação Z, resultando em um mapa raster de fragilidade estrutural (FIGURA 6).

Grau de estruturação (X): correspondendo à disposição aleatória, possui pouca visibilidade dos elementos texturais e, predominantemente, se associa às formas de relevo com alta densidade de drenagem, de arranjo textural desordenado, tropia tridirecional e assimetria forte, com interflúvios em disposições irregulares e lineamentos/alinhamentos de relevo e lineações de drenagem pouco perceptíveis.

Grau de estruturação (Y): correspondendo à disposição intermediária, os elementos texturais possuem organização definida e visível, embora sejam menos ordenados que as zonas de forte grau de estruturação, possuindo, predominantemente, formas de relevo com média densidade de drenagem, arranjo textural ordenado, tropia variável e assimetria forte.

Grau de estruturação (Z): correspondendo à disposição ordenada, os elementos texturais possuem organização definida e facilmente observável quando caracterizados por conjunto de formas de relevo com grande rugosidade topográfica. Geralmente se associa a relevos de baixa ou média densidade de drenagem, com interflúvios em disposições regulares e grandes lineamentos/alinhamentos de relevo, assim como lineações de drenagem. Esse grau de estruturação predominantemente se associa às formas de relevo com arranjo textural ordenado, tropia unidirecional e assimetria fraca.

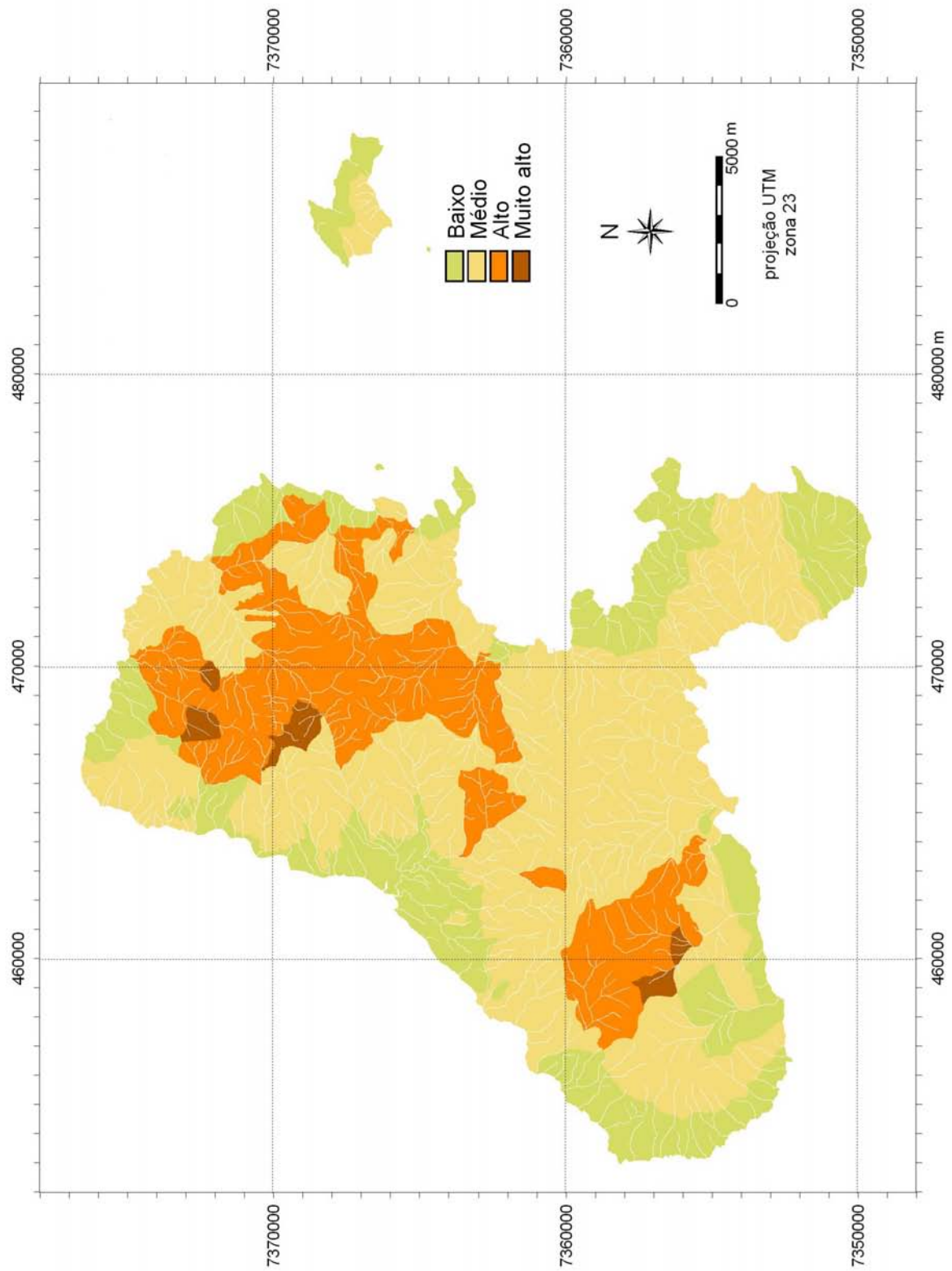


FIGURA 3 - Fragilidade quanto ao grau de fraturamento das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

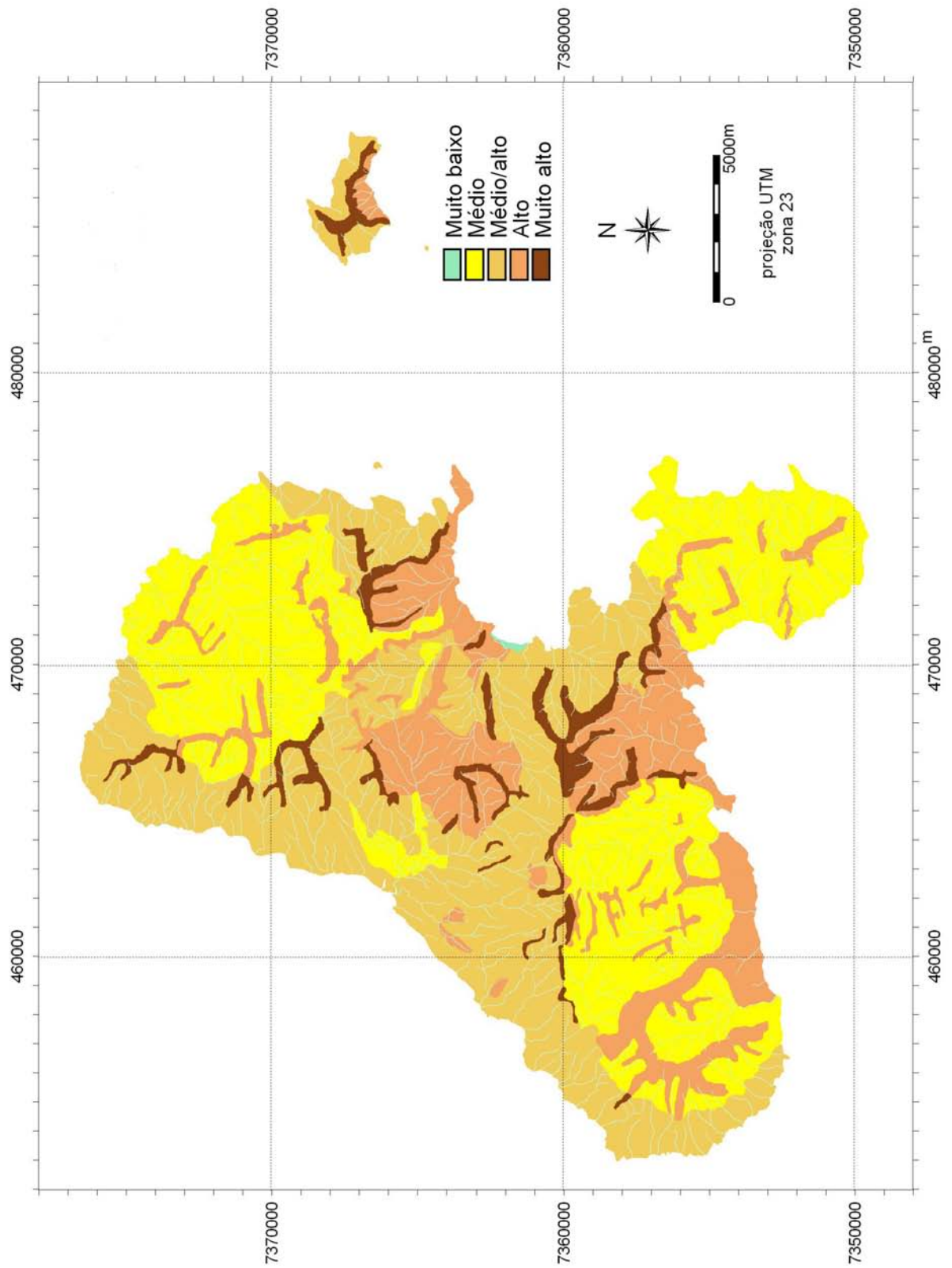


FIGURA 4 - Fragilidade quanto ao solo das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

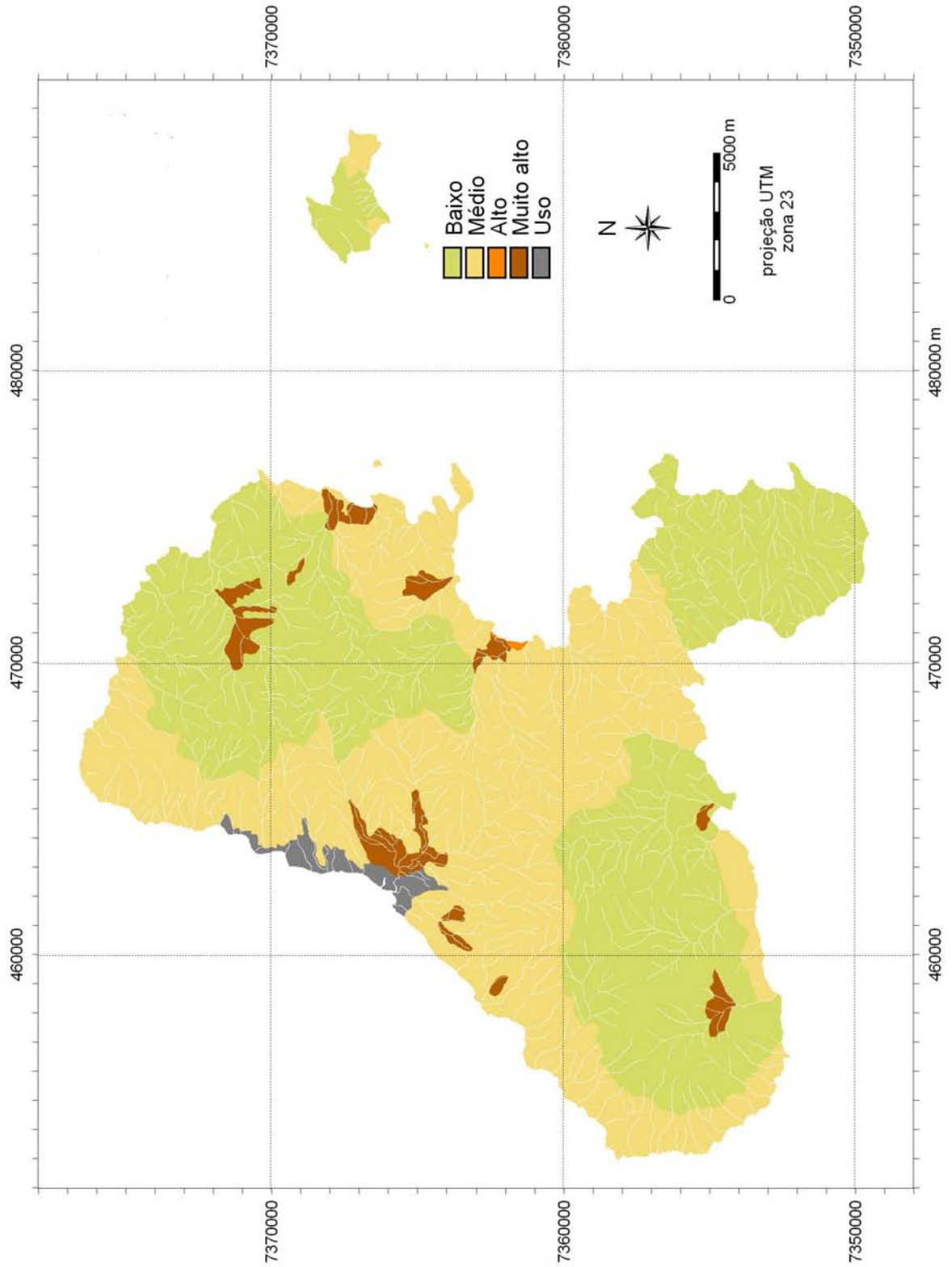


FIGURA 5 - Fragilidade quanto à geologia (litologia) das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

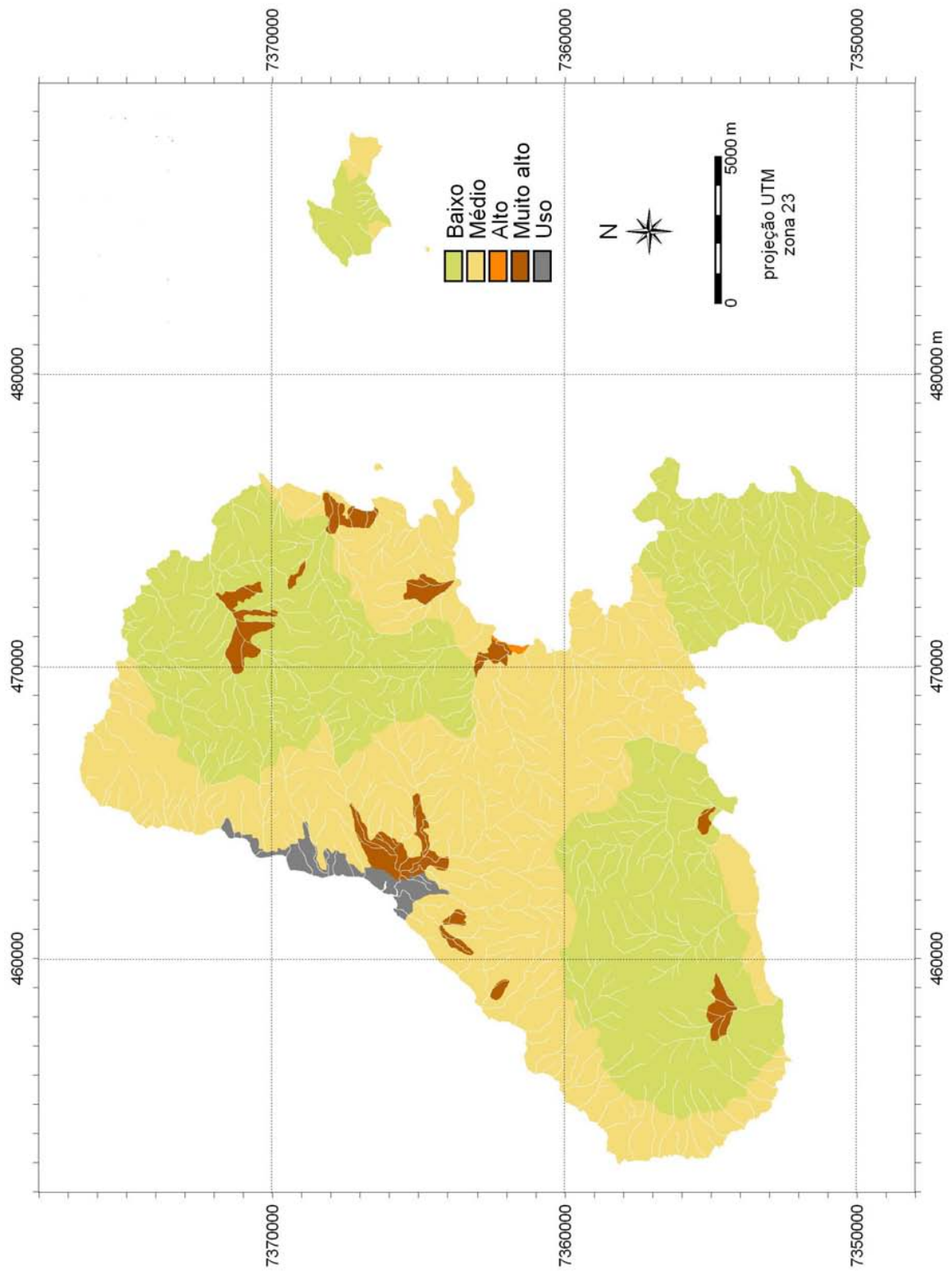


FIGURA 6 - Fragilidade quanto à estrutura das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

Declive

A partir de um modelo digital do terreno, obtido com as curvas de nível, gerou-se um mapa raster de classes de declive. Esse raster foi cruzado com o mapa raster das UBCs identificadas, obtendo uma tabela de ligação, UBC e classe de declive recodificada. Utilizando-se essa tabela e os seguintes identificadores: 1 = 0 a 2°; 2 = 2,1 a 5°; 3 = 5,1 a 15°; 4 = 15,1 a 30°; e 5 > 30°, obteve-se um mapa raster de classes de declive identificadas (FIGURA 7). Cruzando-se esse mapa raster com o raster UBC identificada obteve-se um mapa raster de combinações de UBC e classes de declive.

Assim, por meio de cruzamentos sucessivos desses mapas foi obtido o mapa final de fragilidade da área, definido segundo os passos descritos a seguir:

1. cruzou-se a FIGURA 7 (declividade) com a FIGURA 4 (solos), ambos raster, e se obteve uma tabela, em que cada pixel do mapa resultante pode ser identificada pela combinação da UBC, classe de declive e fragilidade do solo (mapa intermediário da UBC identificada x classe de declive x solos = UBCidDecSolos);
2. nessa tabela foram inseridas colunas com a identificação das UBCs, com as classes de declives e com as classes de fragilidade de todos os elementos estudados;
3. ainda na tabela, também foi criada uma coluna de fragilidade para indicar as fragilidades parciais (de cada elemento estudado) considerando sempre o maior grau como o dominante, ou seja, se um dos elementos do cruzamento atingisse um grau elevado, a classe final assim seria considerada (fragilidade final);
4. o mapa final da fragilidade (FIGURA 8) foi obtido a partir do mapa raster intermediário (UBCidDecSolos) e do atributo fragilidade final da respectiva tabela de mesmo nome (Fragilidade), e
5. para a apresentação final, em formato de vetor, o arquivo raster Fragilidade foi poligonizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Grande parte dos estudos citados na bibliografia refere-se, principalmente, aos graus de risco das áreas aos processos de erosão, ou seja, a potencialidade de ocorrência do processo erosivo frente aos prováveis prejuízos em benfeitorias e vidas humanas.

Neste trabalho são apresentadas as unidades básicas de compartimentação (FIGURA 2) para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios, que abrangem as folhas topográficas de São Sebastião, Caraguatubá e Paranabi e o mapa de fragilidade do meio físico com as classes de fragilidade associadas às UBCs (FIGURA 8).

A TABELA 1 apresenta a caracterização das Unidades Básicas de Compartimentação - UBC adotadas, e a TABELA 2, a distribuição das classes de fragilidade da área por UBC.

As UBCs são assim descritas:

As características de conjunto consideradas variaram de acordo com o domínio geomorfológico observado:

- Escarpas e Serras: dimensão, disposição e forma dos declives, padrão e densidade de drenagem e disposição e forma interfluvial, além do entalhamento dos vales e declives, e
- Planícies Litorâneas: localização de áreas uniformes segundo o tipo de sedimentação, apresentando cores, tons e rugosidades fotográficas homogêneas.

O Domínio das Escarpas e Serras consiste em uma faixa de encostas com vertentes abruptas. Esse domínio se caracteriza por espigões digitados (interflúvios formando promontórios) intercalados a anfiteatros côncavos e paredões retilíneos. Os processos denudacionais também são predominantes, implicando, igualmente, em ambiente de alta energia.

O Domínio das Planícies Litorâneas abrange o litoral da área, salvo os limites caracterizados como área urbana. A faixa, ou orla litorânea, correspondente a esse domínio se constitui no espaço onde ocorrem processos geomórficos marinhos e continentais, cujas interações atmosféricas e antrópicas se concentram na zona intertidal. Nesse domínio é predominante o processo de acumulação.

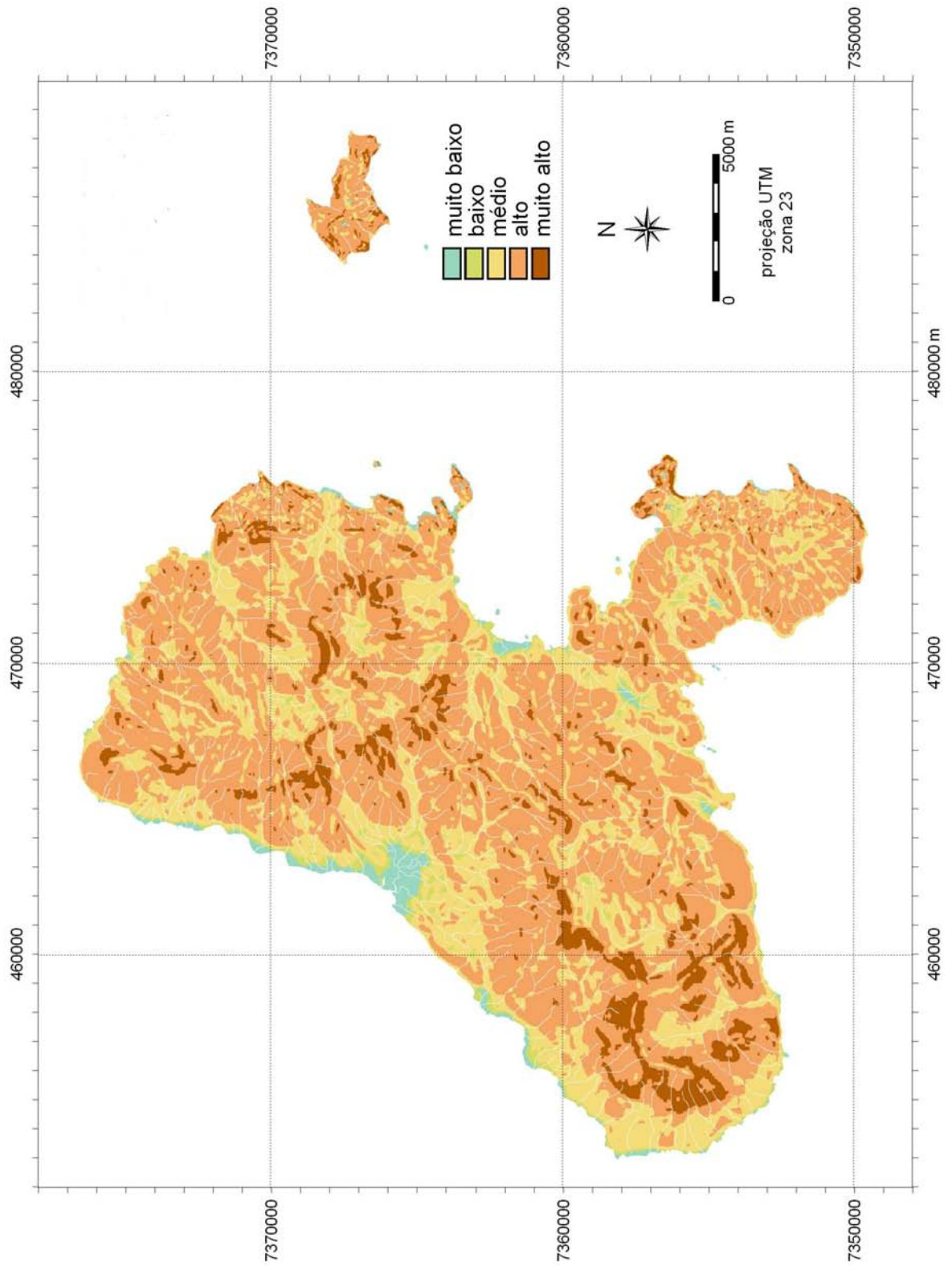


FIGURA 7 - Fragilidade quanto ao declive das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

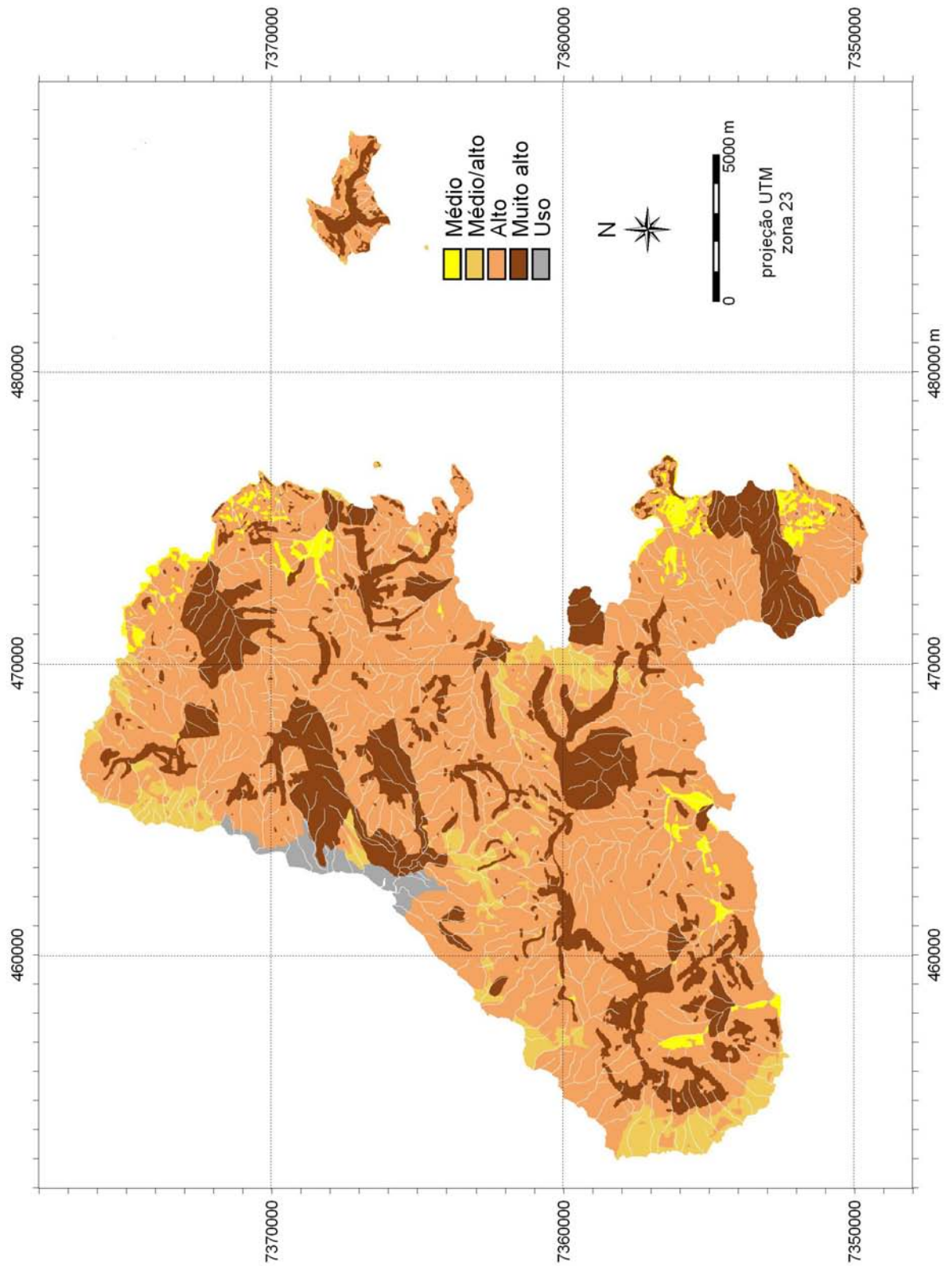


FIGURA 8 - Fragilidade das ilhas de São Sebastião e dos Búzios.

TABELA 1 – Unidades Básicas de Compartimentação - UBC das ilhas de São Sebastião e dos Búzios e suas caracterizações.

Unidade Básica de Compartimentação	Domínio	Morfologia (modelado)	Densidade de canais de drenagem (qualitativa)	Dimensão Interfluvial Média (m)	Entalhamento do vale (m)	Declividade (%)	Padrão de Drenagem	Densidade de Drenagem (número de crênulas)	Grau de Estruturação
EAdX	Anfiteatro (A)		Dendrítico Aberto (d)	-	< 800	30 - 45	Dendrítico	5 - 10	Baixo (X)
EASX			Dendrítico Denso (s)	-	> 500	> 45	Dendrítico	> 10	Baixo (X)
EASy			Subparalelo a Paralelo (p)	-	> 500	> 45	Subparalelo a Paralelo	5 - 10	Médio (Y)
EASz				-					Alto (Z)
ERpX	Retilínea (R)								Baixo (X)
EC	Depósito de Tálus/Colúvio (C)								-
EMpbX	Escarpa (E)	Morros e Serras Restritas Paralelos (M _p)	baixa (b)	> 200	< 250	< 20	Subparalelo	0 - 5	Baixo (X)
EMpmX			média (m)	200 - 400	250 - 300	20 - 30	Subparalelo	5 - 10	Baixo (X)
EMpmY			alta (a)	< 200	> 250	> 30	Subparalelo	> 10	Médio (Y)
EMpaX									Baixo (X)
EMpaY									Médio (Y)
EMpaZ									Alto (Z)
EMbX									Baixo (X)
EMbY							Médio (Y)		
EMdX	Morros e Serras Restritas Convexos (M)		Dendrítico Aberto (d)	- 500	150 - 300	20 - 30	Dendrítico a Subparalelo	5 - 10	Baixo (X)
Medi			Dendrítico Denso (s)	< 200	> 300	> 30	Dendrítico a Subparalelo	> 10	Médio (Y)
EMdZ			baixa (b)	> 800	< 150	< 30	Dendrítico a Subparalelo	0 - 5	Baixo (X)
EMsX								Médio (Y)	
Meci	Morros e Serras Restritas Agudos (Ma)								
EMabX									
EMabY									Médio (Y)

Em que: E = escarpas e morros; Ad = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico aberto; As = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico denso; C = depósitos de tálus e colúvio; Mab = morros e serras restritas agudos com densidade de drenagem baixa; Mb = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem baixa; Md = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem média e padrão dendrítico aberto; Ms = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem alta e padrão dendrítico denso; Mpa = morros e serras restritas paralelas com alta densidade de drenagem; Mpb = morros e serras restritas paralelas com baixa densidade de drenagem; Mpm = morros e serras restritas paralelas com média densidade de drenagem; Mpp = morros e serras restritas paralelas com alta densidade de drenagem; Mpa = morros e serras restritas paralelas com padrão de drenagem subparalelo a paralelo; L = planície litorânea; Tm = planícies e terraços marinhos; X, Y, Z = são graus de estruturação do relevo: baixo, médio e alto, respectivamente.

TABELA 2 – Distribuição das classes de fragilidade por Unidades Básicas de Compartimentação (UBC).

Unidade Básica de Compartimentação	Classes de fragilidade			
	%			
	média	média/alta	alta	muito alta
EAd12X				100
EAs12X	12		85	3
EAs12Y			96	4
EAs6X	1	1	76	22
EAs6Y			77	23
EAs6Z				100
EC				100
EMab12Y			75	25
EMab6X		14	62	24
EMab6Y			67	33
EMb12X	15		81	4
EMb6X		25	66	9
EMb6Y			94	6
EMd12X	21	1	65	13
EMd12Y			90	10
EMd12Z				100
EMd6X	1	30	56	13
EMd6Y			91	9
EMd6Z				100
EMpa12X	6		67	27
EMpa12Y			89	11
EMpa12Z				100
EMpa6X	1	8	84	7
EMpa6Y			78	22
EMpa6Z				100
EMpb6X		68	31	1
EMpm12X	11		43	46
EMpm12Y			66	34
EMpm6X		80	20	
EMpm6Y			95	5
EMs12X			82	18
EMs12Y			94	6
EMs6X		25	65	10
EMs6Y			80	20
ERp6X			54	46
LC				100
LTm			100	

Em que: E = escarpas e morros; Ad = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico aberto; As = anfiteatro com padrão de drenagem dendrítico denso; C = depósitos de tálus e colúvio; Mab = morros e serras restritos agudos com densidade de drenagem baixa; Mb = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem baixa; Md = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem média e padrão dendrítico aberto; Ms = morros e serras restritas convexas com densidade de drenagem alta e padrão dendrítico denso; Mpa = morros e serras restritas paralelas com alta densidade de drenagem; Mpb = morros e serras restritas paralelas com baixa densidade de drenagem; Mpm = morros e serras restritas paralelas com média densidade de drenagem; Rp = escarpas retilíneas com padrão de drenagem subparalelo a paralelo; L = planície litorânea; Tm = planícies e terraços marinhos; 6 = gnaisses porfiroblásticos; 12 = sienitos; X, Y, Z = são graus de estruturação do relevo: baixo, médio e alto, respectivamente.

A análise da fragilidade do meio físico para a ilhas de São Sebastião e dos Búzios, permite observar que estas ilhas são constituídas, em sua maior parte, por níveis de fragilidade alto e muito alto (FIGURA 8 e TABELA 3).

O grau de fragilidade muito alto tem suas maiores glebas definidas pela estrutura do relevo, que associadas à fragilidade quanto à geologia (litologia), definem grandes porções, como é o caso das glebas situadas a NE da ilha de São Sebastião, na Enseada do Poço e duas grandes glebas logo acima da cidade de Ilhabela, estas duas áreas foram também definidas em função da ocorrência de colúvios/tálus, com contribuição do grau de fraturamento; outra gleba de tamanho considerável pode ser observada no espaço que vai da Ponta do Diogo até o Saco da Pirambura, definida principalmente em função do grau de estruturação; existem, também, uma grande gleba na Ponta do Costão e outra na porção centro-sul da ilha, definidas principalmente pelo grau de estruturação.

Ainda quanto ao grau de fragilidade muito alto, é possível verificar a ocorrência de pequenas glebas associadas às altas vertentes com declividades acima de 30°, portanto, o elemento declividade é fator preponderante na definição destas manchas que se distribuem especialmente ao longo dos interflúvios principais, isto ocorre a SO da ilha de São Sebastião sendo uma pequena porção que é determinada pelo grau de fragilidade do fraturamento e da geologia. Os solos que ocorrem nessa mesma situação, ao N e NE apresentam grau muito alto de fragilidade.

Portanto, o grau muito alto de fragilidade ocorre em 23,7% da área total das ilhas, sendo que duas áreas são muito importantes do ponto de vista da fragilidade, as situadas logo acima da cidade de Ilhabela, que podem vir a comprometer as condições de estabilidade das vertentes.

O grau médio de fragilidade, de modo geral, na ilha de São Sebastião, está condicionado primeiramente pelas restrições quanto ao declive (de 5,1 a 15°), e subordinadamente por aspectos dos solos (como densidade de drenagem e profundidade) e grau de estruturação.

TABELA 3 – Graus de fragilidade, área e porcentagem de ocorrência nas ilhas de São Sebastião e de Búzios.

Grau de Fragilidade	Área (ha) de ocorrência nas duas ilhas principais	Porcentagem de ocorrência
Médio	956,76	2,8
Médio/alto	2.244,16	6,5
Alto	22.539,76	65,6
Muito alto	8.121,20	23,7
Uso	469,20	1,4
Total	34.331,08	100,0

O grau de fragilidade médio/alto tem como fator preponderantemente limitante a fragilidade quanto aos solos (profundidade e textura), e subordinadamente ao declive, embora a declividade, por apresentar maior detalhamento, seja o elemento que permite limitar os delineamentos.

O grau alto de fragilidade deve-se, principalmente, às declividades da classe de 15,1° a 30° de forma generalizada na ilha de São Sebastião. Ao sul da ilha, na Enseada das Anchovas deve-se, principalmente, ao grau de fragilidade dos solos e ao grau de estruturação, o mesmo ocorre à leste na baía dos Castelhanos. No centro da ilha, o grau alto é estabelecido pelo fraturamento, pela estrutura e pelos solos, já ao norte e nordeste, se tem o fraturamento e a estruturação como principais limitadores.

A noroeste e a oeste da ilha de São Sebastião o grau alto é delimitado principalmente pelas altas declividades e pela estrutura do relevo.

Na ilha dos Búzios, o grau muito alto é definido principalmente pela fragilidade dos solos, que ocorre nos interflúvios e nas altas vertentes, e nas demais áreas pelos declives. O grau alto, ao sul e sudeste, ocorre devido ao solo e à estruturação.

Buscando sintetizar a compreensão da participação de cada elemento estudado nas classes de fragilidade, e quantificá-la relativamente, se estabeleceu a TABELA 4, em que são demonstradas as porcentagens de atuação da litologia, do fraturamento, da estrutura do relevo, da declividade e dos solos.

TABELA 4 – Classes de fragilidade e suas porcentagens de ocorrência em área e em relação à cada elemento estudado.

Classe de fragilidade	Litologia (%)	Fraturamento (%)	Estrutura do relevo (%)	Declividade (%)	Solos (%)
MB (muito baixo)	–	–	–	–	0,1
B (baixo)	49,9	24,2	3,5	1,9	–
M (médio)	46,6	52,1	45,9	2,7	37,7
M/A (médio a alto)	–	–	–	29,6	35,5
A (alto)	0,1	22,1	42,6	58,4	21,1
MA (muito alto)	3,4	1,6	8,0	7,4	5,6

4 CONCLUSÕES

- A metodologia de análise do meio físico, constituída pela elaboração de tabelas e mapas e sobreposição de dados, mostrou-se uma ferramenta para a definição das classes de fragilidades.
- O meio físico apresenta-se, de modo geral, bastante frágil, tanto na área referente à ilha de São Sebastião como na de Búzios, devendo ser considerado estes aspectos e resultados quando da implantação de empreendimentos ou manejo da área.
- O cruzamento sucessivo dos mapas temáticos, utilizando-se atributos específicos de cada elemento do meio físico e estabelecendo diferentes níveis de fragilidade para cada elemento, permitiu construir mapa síntese com os graus de fragilidade das áreas estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBALAGAN, R; SINGH, B. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountains terrains – a case study from Kumaun Himalaya, India. **Engineering Geology**, New York, v. 43, n. 4, p. 237-246, 1996.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: uma proposta metodológica e sua aplicação no município de Ilhabela, SP.** 1994. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas e Fundações) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BESIO, M. *et al.* Risk maps: theoretical concepts and techniques. **Journal of Hazards Materials**, v. 61, p. 299-304, 1998.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória.** Rio de Janeiro, 1983. 780 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 32).

FREITAS, R. O. Geologia e petrologia da ilha de São Sebastião. São Paulo. **Bol. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Geol.**, São Paulo, v. 85, n. 3, p. 1-244, 1947.

HENNIES, W. T.; HASUI, Y. Contribuição ao reconhecimento da ilha de São Sebastião. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, 1977. p. 613-654.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981a. Escala 1:1.000.000. (Publicação IPT, 1183).

_____. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1981b. Escala 1:1.000.000. (Publicação IPT, 1184).

LINO, C. F. (Ed.). **Consórcio Mata Atlântica/ UNICAMP: plano de ação - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.** Campinas: UNICAMP, 1992. v. 1. (Referências básicas).

MATTOS, I. F. de A. *et al.* Levantamento do meio físico e avaliação da fragilidade do ecossistema na Estação Ecológica dos Caetetus - SP. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 8, n. 15, p. 388-393, 1996.

ROSSI, M. *et al.* Análise da fragilidade do meio físico para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios: estudo de caso.

MONTEIRO, C A de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo:** estudo geográfico sob forma de Atlas. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

NALON, M A. **Mapeamento de risco de escorregamento na região de Cubatão, SP.** 2000. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia – FFLCH/USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997. Escala 1: 500.000.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia:** ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p. (Coleção Repensando a Geografia).

ROSSI, M.; MORAES, J. F. L. de; DONZELLI, P. L. (Coord.). **Relatório final:** levantamento do meio biofísico/Projeto Serra do Mar -PPMA - fase II. São Paulo: Planejamento e Engenharia Agrícola Ltda. - PLANTEC, 2002. 100 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. **Carta de risco a movimentos de massa e inundação do Município de São Sebastião.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico: Prefeitura Municipal de São Sebastião, 1996. 77 p. + anexos (15 mapas).

SOUZA, C. R. de G.; HOLL, M. C.; VEDOVELLO, R. Método de mapeamento integrado do meio físico como suporte ao zoneamento ecológico-econômico da baixada santista, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 3., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABGE, 1998. CD-ROM.

TURRINI, M. C.; VISINTAINER, P. Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of Dolomites, Italy. **Engineering Geology**, New York, v. 50, p. 255-265, 1998.

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

VEDOVELLO, R. **Roteiro para elaboração dos serviços do PPMA - II fase.** São Paulo: Instituto Geológico, 2000b. p. 1-4. (Apostila).

HERANÇA GENÉTICA E DESEQUILÍBRIO DE LIGAÇÃO EM NOVE LOCOS ISOENZIMÁTICOS DE *Eremanthus erythropappus**

Sybelle BARREIRA**
Alexandre Magno SEBBENN***
Paulo Yoshio KAGEYAMA**

RESUMO

A herança e o equilíbrio genotípico foram estudados em sete sistemas isoenzimáticos (ACP, EST, 6PGDH, PGM, PGI, DIA e G6PDH), codificando sete locos em *Eremanthus erythropappus*. A análise foi baseada na segregação de progênies de polinização aberta de árvores maternas heterozigotas e o desequilíbrio foi estudado com base na medida de desequilíbrio genotípico de Burrows. O loco *G6pdh* não pôde ter sua herança estudada porque não foram detectadas árvores maternas heterozigóticas para este loco. As outras seis enzimas eram polimórficas e foram encontradas árvores maternas heterozigóticas. A herança mendeliana de seis locos (*Acp*, *Est*, *6pgdh*, *Pgi*, *Pgm* e *Dia*) foi confirmada pelo ajuste das frequências gaméticas maternas observadas às esperadas pelo modelo de segregação 1:1. O desequilíbrio de ligação foi examinado para 21 pares de combinações de locos. Um único par de locos parece estar em desequilíbrio de ligação, *Dia/G6pdh*.

Palavras-chave: segregação; candeia; espécies arbóreas tropicais; desequilíbrio genotípico de Burrows.

1 INTRODUÇÃO

Eremanthus erythropappus (DC.) Macleish (candeia) é uma espécie arbórea neotropical de grande importância econômica e que está sendo o centro de atenção em diversas partes do Estado de Minas Gerais, por seu valor econômico para pequenos e médios agricultores. Sua área de ocorrência é típica de locais montanhosos, pedregosos com solos ruins. A espécie, pertencente ao grupo ecológico das pioneiras ou secundárias iniciais,

ABSTRACT

The inheritance and linkage disequilibrium were studied in seven enzyme systems (ACP, EST, 6PGDH, PGM, PGI, DIA e G6PDH), codifying for seven loci in *Eremanthus erythropappus*. The segregation analysis was based on the segregation of open-pollinated offsprings from heterozygous mother-trees and the linkage disequilibrium was studied using Burrows genotypic disequilibrium measure. The inheritance of *G6pdh* locus was not studied because no heterozygous mother-tree was detected. Another six enzymes were polymorphic and heterozygous mother-tree could be found. Mendelian inheritance was confirmed for all six loci by the fitting of the observed maternal gametic frequencies to those expected from the 1:1 segregation ratio model. Linkage disequilibrium was examined for as many as 21 pairs of allozyme loci. A single pair of loci appears to be in gametic disequilibrium, *Dia/G6pdh*.

Key words: segregation; candeia; tropical tree species; Burrows genotypic disequilibrium.

é considerada precursora na invasão de campos (Carvalho, 1994). Seu crescimento é rápido em campos abertos, formando povoamentos quase puros. Em certas áreas a densidade de plantas por hectare chega a 400 indivíduos. A madeira de *E. erythropappus* é dura, resistente e apresenta odor de ácidos valerianos e um óleo essencial cujo princípio ativo é o α -bisabolol, que exhibe propriedades antiinflamatórias, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas (Teixeira *et al.*, 1996).

(*) Aceito para a publicação em novembro de 2005.

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

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

E. erythropappus está sob regime de manejo no Estado de Minas Gerais. Contudo, praticamente nada se conhece sobre os níveis de diversidade genética, distribuição espacial dos genótipos e sistema de reprodução da espécie. Tais informações são fundamentais para delinear estratégias para a conservação, melhoramento genético e manejo florestal sustentado da espécie e podem ser eficientemente obtidas com base em dados de marcadores bioquímicos, como isoenzimas. Contudo, estimativas de parâmetros do sistema de reprodução e de diversidade genética dependem de modelos que pressupõem herança mendeliana e ausência de ligação entre os locos. Assim, para que as isoenzimas possam ser utilizadas como marcadores genéticos, é necessário o prévio estudo da herança e desequilíbrio de ligação entre locos (Furnier *et al.*, 1986; Gillet & Hattemer, 1989; Lewandowski *et al.*, 1992; Liu & Furnier, 1993; Pastorino & Gallo, 1998; Lewandowski, 2000). Tais estudos podem ser facilmente conduzidos com base em estruturas de progênies oriundas de genótipos maternos heterozigotos.

O objetivo deste trabalho foi investigar a herança e o desequilíbrio de ligação em locos isoenzimáticos detectados em *E. erythropappus*. O estudo foi realizado comparando-se a segregação de progênies de polinização aberta de genótipos maternos heterozigóticos com o esperado pela hipótese de segregação mendeliana 1:1.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem das Progênies

A população estudada encontra-se em um fragmento florestal localizada no município de Baependi, MG. Nessa região, *E. erythropappus* apresenta populações com mais de 300 árvores adultas reprodutivas por hectare.

Para o estudo foram coletadas sementes de polinização aberta em dois eventos reprodutivos envolvendo duas situações diferentes de interferência humana: um evento reprodutivo antes e um após a exploração. Antes da exploração foram coletadas sementes em 27 árvores e após em 24 árvores. A intensidade de exploração foi de 75%, restando aproximadamente 50 árvores adultas reprodutivas selecionadas para a melhor forma do fuste, aleatoriamente distribuídas pela área.

As sementes foram coletadas de árvores aleatoriamente escolhidas na população antes e após a exploração, distante entre si em pelo menos 100 m, para evitar coletar sementes em árvores aparentadas. De cada árvore foram genotipados, via eletroforese de isoenzimas, 15 descendentes. Como o estudo da segregação é baseado apenas na segregação gamética de árvores maternas heterozigóticas para os locos e o pólen não influencia essa segregação, não se espera que a exploração afete o estudo.

Foram amostrados, também, tecidos foliares em 230 árvores adultas. As sementes e as folhas foram transportadas para o Laboratório de Genética e Reprodução de Espécies Arbóreas - LARGEA, no Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP, em caixas de isopor com gelo, procedimento utilizado para evitar modificações bioquímicas (degradação das enzimas).

O genótipo das árvores maternas foi determinado da composição genotípica de suas progênies, utilizando-se o método de máxima verossimilhança de Brown & Allard (1970), implementado no programa MLTR de Ritland (2004).

2.2 Protocolo de Isoenzimas

O protocolo para os sistemas enzimáticos de *E. erythropappus* foi desenvolvido com base em Alfenas *et al.* (1991), com adaptações para a referida espécie. Para a análise de eletroforese de isoenzimas foram utilizadas amostras foliares dos indivíduos adultos e de plântulas. As amostras dos tecidos foliares das árvores adultas puderam ficar armazenadas por, no máximo, três dias e após este período começavam a oxidar.

Os testes para o desenvolvimento do protocolo envolveram dois tampões de extração (Alfenas, 1998; Soltis & Soltis, 1989) comparados para vários sistemas enzimáticos (TABELA 1). Após as análises de eletroforese, constatou-se que o tampão de Alfenas *et al.* (1991) apresentava melhor padrão de revelação, sendo, portanto, adotado como o tampão a ser utilizado em todas as extrações. A composição da solução pode ser observada na TABELA 2.

BARREIRA, S.; SEBBENN, A . M.; KAGEYAMA, P. Y. Herança genética e desequilíbrio de ligação em nove locos isoenzimáticos de *Eremanthus erythropappus*.

TABELA 1 – Composição da solução utilizada na extração de enzimas de *E. erythropappus*. (Fonte: Alfenas *et al.*, 1991).

Reagente	Quantidade
Fosfato de sódio dibásico	0,6 g
Sacarose	7 g
Polivinil pirrolidona PVP-40	2,56 g
L-ácido ascórbico	100 mg
Dietilditiocarbamato DIECA	100 mg
Bissulfito de sódio	50 mg
Borato de sódio	50 mg
Polietilenoglicol-6000	1 g
Mercaptoetanol	1-2 ml
Água destilada (q.s.p.)	100 ml

TABELA 2 – Enzimas testadas e seus respectivos códigos, para determinação do protocolo para *E. erythropappus*. (Fonte: Alfenas, 1998).

Enzima	Código
Esterase	α -EST – EC 3.1.1.1
Malato desidrogenase	MDH – EC 1.1.1.37
β -glucosidade	β -GLU – EC 3.2.1.21
Fumarase	FUM – EC 4.2.1.2
Galactose desidrogenase	GLDH – EC 1.1.1.48
6-fosfogluconato desidrogenase	6PGDH – EC 1.1.1.44
Leucina aminopeptidase	LAP – EC 3.4.11.1
Menadinona redutase	MR – EC 1.6.99.3
Fosfatase ácida	ACP – EC 3.1.3.2
Glutamato desidrogenase	GDH – EC 1.4.1.3
Isocitrato desidrogenase	IDH – EC 1.1.1.42
Fosfoglucose isomerase	PGI – EC 5.3.1.9
Lactato desidrogenase	LDH – EC 1.1.1.27
Glucose-6-fosfato desidrogenase	G6PDH – EC 1.1.1.44
Álcool desidrogenase	ADH – EC 1.1.1.1
Nicotinamida adenina dinucleotídeo desidrogenase	NADHDH – EC 1.6.99.3
Glutamato-oxaloacetato transaminase	GOT – EC 2.6.1.1
Diaforase	DIA – EC 1.6.4.3
Peroxidase	PO – EC 1.11.1.7
Fosfoglucomutase	PGM – EC 2.7.5.1
Xiquimato desidrogenase	SKDH – EC 1.1.1.25
Sorbitol desidrogenase	SDH – EC 1.1.1.14
Fosfatase alcalina	ALP – EC 3.3.3.1
Superóxido dismutase	SOD – EC 1.15.1.1
Glicerato 2 desidrogenase	G2DH – EC 1.1.1.29
Manitol desidrogenase	MADH – EC 1.1.1.67
Peroxidase método II	POII- EC – 1.11.1.7

Após a determinação do protocolo, todas as amostras de árvores adultas foram extraídas, embebidas em pedacinhos de papel (papel whatman n. 3), os quais foram colocados em microtubos e armazenados em freezer (-80°C).

Foram testados 27 sistemas de coloração, descritos na TABELA 2, para quatro sistemas de tampão de gel-eletrodo (Citrato de Morfolina, Histidina, Lítio/Borato e Tris Citrato) em gel horizontal de amido de milho (penetrose) e amido de batata a 13% de amido. Em cada gel foram colocadas 20 amostras e três pedacinhos de papel com azul de bromofenol para marcar distância de migração.

Dos tampões de gel-eletrodo testados, o Citrato de Morfolina pH 7,1/6,1 foi o que apresentou

melhor resolução das bandas para 13 sistemas enzimáticos, quando o material utilizado foi obtido dos indivíduos adultos (α -EST, ACP, PGI, 6PGDH, PGM, SKDH, G6PDH, LAP, DIA, GOT, NADHDH, MR, MDH), pois apresentaram ótima atividade e resolução das bandas passíveis de interpretação. Também, para o material obtido das plântulas, o tampão gel-eletrodo de Citrato Morfolina pH 7,1/6,1 foi o que apresentou melhor resolução das bandas. No entanto, os sistemas isoenzimáticos não mantiveram o padrão durante as corridas, restando sete com ótima atividade e resolução das bandas (ACP, α -EST, 6PGDH, PGM, PGI, G6PDH e DIA) (FIGURA 1).

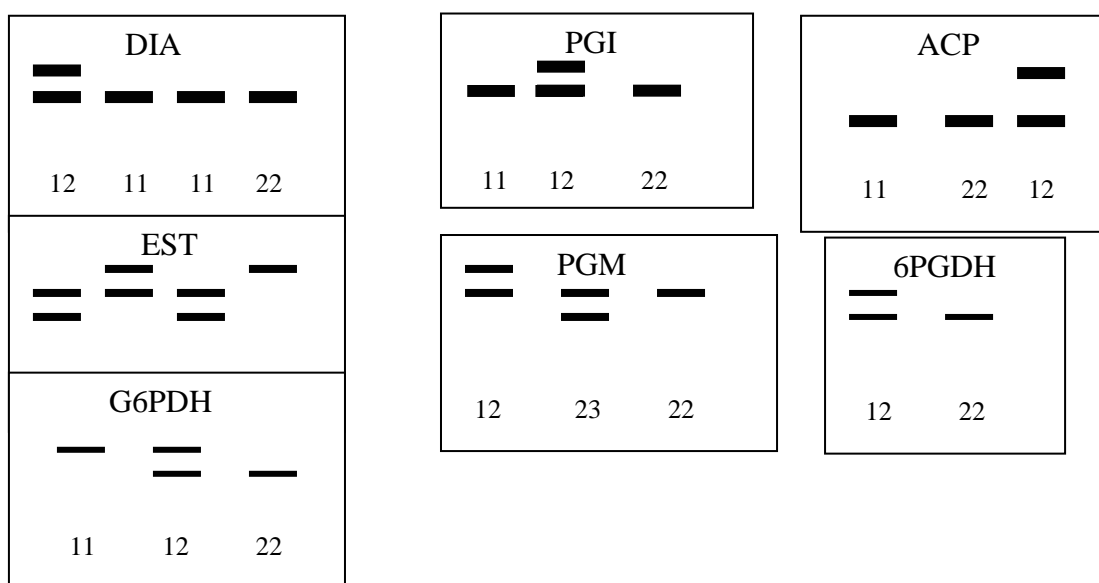


FIGURA 1 – Representação esquemática da interpretação de bandas dos sistemas enzimáticos analisados em progênies de *E. erythropappus*.

2.3 Análise de Segregação

O estudo da herança das isoenzimas foi baseado no método desenvolvido por Gillet & Hattemer (1989), que compara o genótipo de árvores maternas heterozigóticas com a segregação de suas progênies de polinização aberta.

O modelo analisa apenas a segregação gamética materna e é baseado nas seguintes pressuposições: *i*) segregação meiótica regular durante a produção de megásporos; *ii*) fertilização aleatória das oosferas por cada um dos tipos de pólen (haplóides), e *iii*) ausência de viabilidade seletiva diferencial nas progênies antes da investigação por marcadores genéticos.

As seguintes condições devem ser satisfeitas: a) toda progênie de uma árvore materna A_iA_i deve possuir o alelo A_i da árvore-mãe; b) em casos de uma árvore-mãe heterozigóticas (ex. A_iA_j , $i \neq j$): b.1) cada indivíduo de uma progênie deve possuir um dos alelos da árvore materna, A_i ou A_j ; b.2) espera-se que o número de progênies heterozigóticas A_iA_j (n_{ij}) seja igual à soma das progênies homozigóticas A_iA_i (n_{ii}) e A_jA_j (n_{jj}), $n_{ij} = n_{ii} + n_{jj}$; b.3) espera-se que o número de progênies heterozigóticas A_iA_k (n_{ik}) seja igual ao número de progênies heterozigóticas A_jA_k (n_{jk}), $n_{ik} = n_{jk}$, com $k \neq i, j$. Inicialmente, os fenótipos observados em cada progênie de árvores maternas heterozigóticas foram comparados com o esperado pela hipótese de segregação 1:1, usando o teste G , com um grau de liberdade. Em seguida, progênies de árvores de mesmo genótipo materno foram agrupadas e uma estatística G foi calculada para testar a hipótese de segregação agrupada 1:1 ($G_{1:1_Agrupado}$). Dessas árvores agrupadas, foi feito o somatório das estatísticas G individuais, obtendo-se a estatística G total ($G_{Total_1:1}$) e testando-se a hipótese de segregação 1:1 para o conjunto das progênies. Depois, os fenótipos observados de progênies de árvores heterozigóticas, de mesmo genótipo materno foram submetidos a um teste de homogeneidade ($G_{Homogeneidade}$), no qual a hipótese nula é a de igual proporção dos tipos de gametas nas progênies, produzida por diferentes árvores maternas de mesmo genótipo heterozigótico. Quando não houve rejeição da hipótese de homogeneidade dos arranjos, validou-se o teste G agrupado de aderência à proporção esperada de 1:1. Esses testes são aditivos, de forma que $G_{Total_1:1} = G_{Homogeneidade} + G_{1:1_Agrupado}$, com distribuição de qui-quadrado e n , $n-1$ e 1 graus de liberdade, respectivamente. Quando os testes de homogeneidade resultaram estatisticamente significativos, as progênies que apresentaram desvios em relação à segregação 1:1 foram descartadas e novos testes foram executados. Os locos foram designados com letras e números e os alelos com números, em ordem decrescente de migração do ânodo para o cátodo.

O teste de desequilíbrio de ligação foi realizado com base na medida composta de desequilíbrio genotípico de Burrows (Δ_{ij}) (Weir, 1979), usando o programa GDA (Lewis & Zaykin, 2002). A medida de desequilíbrio genotípico de Burrows é apropriada para situações em que a união de gametas não ocorreu de forma aleatória e a identificação dos genótipos é incompleta (Weir & Cockerham, 1979). A hipótese $H_0: \Delta_{ij} = 0$ foi testada com o teste de qui-quadrado (χ^2) descrito em Weir (1979).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Herança Genética e Desequilíbrio de Ligação

Um das pressuposições básicas do modelo de reprodução mista é a herança mendeliana codominante dos locos e a independência na segregação de alelos de diferentes locos (equilíbrio de ligação). Assim, a seguir são apresentados os padrões de revelação dos locos isoenzimáticos e os resultados dos testes de segregação e desequilíbrio de ligação entre os nove locos revelados nas progênies de *E. erythropappus*.

3.2 Padrões dos Locos Isoenzimáticos Polimórficos

Fosfatase ácida (ACP): foi possível observar a presença de mais de uma zona de atividade nesse sistema, mas apenas uma foi passível de interpretação. A zona de atividade interpretável foi determinada como uma enzima de expressão monomérica, visto que a observação dos fenótipos de árvores heterozigóticas, nos zimogramas, revelava duas bandas (FIGURA 1). Em *Trema micrantha* foram detectadas três zonas de atividade na enzima ACP, sendo todas monoméricas e segregando até três alelos (Ribas & Sebbenn, 2004a). Em *Cecropia pachystachya* também foram observadas três zonas de atividade nessa enzima, mas apenas a zona de atividade do meio apresentou polimorfismo (Ribas & Sebbenn, 2004b). Três zonas de atividade na enzima ACP também foram observadas em *Caesalpinia echinata* (Giudice-Neto *et al.*, 2004).

Alfa-Esterase (α -EST): o sistema α -EST apresentou uma zona de atividade passível de interpretação. Essa zona foi interpretada como um loco polimórfico segregando três alelos. O fenótipo de árvores heterozigotas apresentava duas bandas, indicando tratar-se de uma enzima monomérica (FIGURA 1). O mesmo padrão monomérico nessa enzima é relatado em *Caesalpinia echinata* (Giudice-Neto *et al.*, 2004), *Esenbeckia leiocarpa* (Seoane & Sebbenn, 2004), *Tabebuia cassinoides* (Sebbenn & Seoane, 2004) e *Trema micrantha* (Ribas & Sebbenn, 2004a).

Fosfogluconato Desidrogenase (6-PGDH): uma zona de atividade foi detectada na enzima 6PGDH. A observação de fenótipos de indivíduos heterozigóticos indicou que esta enzima tem expressão monomérica e segrega dois alelos. Um loco no sistema 6PGDH também foi relatado em *Pinus taeda* (Adams & Joly, 1980), *Genipa americana* (Sebbenn, 2004), *Myracrodruon urundeuva* (Moraes *et al.*, 2004), *Eschweilera ovata* (Gusson & Sebbenn, 2004), embora em muitos estudos dois locos tenham sido reportados nessa enzima (Cheliak & Pitel, 1985; Potenko, 2001; Sousa *et al.*, 2002; Giudice-Neto *et al.*, 2004; Sebbenn & Seoane, 2004).

Fosfoglucoase Isomerase (PGI): o sistema PGI apresentou duas zonas de atividade. A zona de migração mais rápida não pôde ser interpretada devido à baixa qualidade de revelação. A zona de atividade mais lenta foi interpretada como um loco polimórfico, controlado por uma enzima de expressão dimérica (genótipos heterozigotos apresentavam três bandas), segregando dois alelos (FIGURA 1). Em todas as espécies arbóreas são relatadas duas regiões de atividade nesta enzima e, em geral, a expressão é dimérica (Pastorino & Gallo, 2001; Sousa *et al.*, 2002; Seoane & Sebbenn, 2004; Sebbenn, 2004; Giudice-Neto *et al.*, 2004).

Fosfoglucomutase (PGM): o sistema PGM apresentou uma zona de atividade. Este loco foi interpretado como polimórfico segregando três alelos em estrutura monomérica (FIGURA 1). Na espécie neotropical *Esenbeckia leiocarpa*, Seoane & Sebbenn (2004) não observaram variação, interpretando o loco como monomórfico. Em *Tabebuia cassinoides* (Sebbenn & Seoane, 2004) e *Cecropia pachystachya* (Ribas & Sebbenn, 2004b) foram observadas duas zonas de atividade nessa enzima,

sendo ambas polimórficas e de expressão dimérica, ou seja, os fenótipos de indivíduos heterozigóticos apresentavam três bandas. Em *Myracrodruon urundeuva* foi observada uma zona de atividade, de expressão dimérica (Moraes *et al.*, 2004).

Diaforase (DIA): o sistema DIA apresentou uma zona de atividade. Esta zona foi interpretada como um loco polimórfico de expressão monomérica, segregando dois alelos (FIGURA 1). A enzima DIA é relatada em *Trema micrantha* como possuindo duas zonas de atividade, na zona de migração mais lenta foram observados três alelos (Ribas & Sebbenn, 2004a). Em *Eschweilera ovata* são relatadas três zonas de atividade nessa enzima, cada uma segregando três alelos (Gusson & Sebbenn, 2004). Em *Caesalpinia echinata* é relatada uma zona de atividade nessa enzima, onde é observada a segregação de três alelos (Giudice-Neto *et al.*, 2004). Todos os trabalhos citados se referem a esta enzima como sendo monomérica, ou seja, o fenótipo de indivíduos heterozigotos apresenta duas bandas nos géis.

Glucose 6 Fosfato Desidrogenase (G6PDH): Uma simples zona de atividade foi observada na enzima G6PDH. Esse loco foi interpretado como polimórfico, segregando dois alelos. Observando os zimogramas nos géis de indivíduos heterozigóticos, verificou-se que o fenótipo isoenzimático apresentava duas bandas, típico de enzimas monoméricas. Um simples loco controlando essa enzima também foi relatado em *Pinus thunbergii* (Shiraishi, 1988), *Pinus leucodermis* (Morgante *et al.*, 1993), *Pinus massoniana* (Huang *et al.*, 1994), *Eschweilera ovata* (Gusson & Sebbenn, 2004) e *Trema micrantha* (Ribas & Sebbenn, 2004a).

3.3 Segregação

Não foi possível submeter o loco *G6pdh* à análise de segregação porque não foram detectadas árvores maternas heterozigóticas.

Em geral, foram detectados poucos desvios de segregação nos locos isoenzimáticos estudados em *E. erythropappus* (TABELA 3). Em progênies de árvores heterozigóticas dos locos *Acp* e *Dia* não foram detectados desvios da razão de segregação esperada 1:1 em nenhum dos testes *G* aplicados, indicando que essas zonas de atividade enzimática estão sob controle de locos codominantes.

BARREIRA, S.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Herança genética e desequilíbrio de ligação em nove locos isoenzimáticos de *Eremanthus erythropappus*.

TABELA 3 – Testes G para hipótese de segregação codominante em locos isoenzimáticos de uma população de *E. erythropappus*.

Loco	Genótipo Materno	Caso	m	$n_{ij} : (n_{ii} + n_{jj})$	$n_{ik} : n_{jk}$	$G_{Total_1:1}$ GL = n	$G_{Homogeneidade}$ GL = $n-1$	$G_{1:1_Agrupado}$ GL = 1	Número de árvores com desvio
<i>Acp</i>	A_1A_2	a	24	117:128	–	24,8	24,3	0,49	1
<i>Est</i>	A_1A_2	a	16	73:67	–	19,01	18,75	0,25	2
		A_1A_3	a	4	12:22	12:4	28,52**	21,35**	7,17*
		b	2	3:8	3:2	3,56	1,00	2,56	
	A_2A_3	a	3	3:5	3:3	11,7	4,53	7,24*	1
		b	2	3:4	3:2	4,84	2,34	2,50	
<i>6Pgdh</i>	A_1A_2	a	30	204:132	–	63,14**	47,59*	15,55**	9
		b	21	128:102	–	16,7	13,76	2,95	
<i>Pgm</i>	A_1A_2	a	6	22:44	–	12,4	5	7,48**	
<i>Pgi</i>	A_1A_2	a	13	81:66	–	56,97**	55,44**	1,53	5
		b	8	39:41	–	8,17	8,12	0,05	
<i>Dia</i>	A_1A_2	a	20	95:75	–	29,5	27,18	2,36	

(*) $P < 0,05$.

(**) $P < 0,01$.

No sistema *Est*, progênies de 16 árvores heterozigotas A_1A_2 também não apresentaram desvios da hipótese de segregação 1:1, embora duas progênies individualmente tenham apresentado desvios da razão de segregação esperada 1:1. Por outro lado, foram detectados desvios da razão de segregação 1:1 nos três testes G em progênies de árvores heterozigóticas do tipo A_1A_3 . A causa dos desvios foi o excesso de homozigóticas do tipo A_3A_3 (dados não mostrados) e de heterozigotos do tipo A_1A_2 (TABELA 3). A análise individual de segregação das progênies mostrou que duas apresentavam desvios da hipótese de segregação 1:1. Quando essas foram excluídas da análise, os três testes se ajustam à hipótese de segregação mendeliana codominante 1:1. Segundo Sousa *et al.* (2002), distorções de segregação podem ser causadas por vantagem seletiva do alelo mais freqüente no loco. Em suma, como foram detectados desvios de segregação em progênies de apenas algumas poucas árvores A_1A_3

e grande número de progênies de árvores heterozigóticas A_1A_2 ajustaram-se à hipótese de segregação 1:1, conclui-se que esse loco está sob controle genético de um loco codominante.

A análise genética de 30 progênies de árvores heterozigóticas A_1A_2 , para o loco *6pgdh*, rejeitou a hipótese de segregação 1:1 nos três testes G . Das 30 árvores analisadas nesse loco, nove apresentavam desvios de segregação no teste G individual e de acordo com os resultados apresentados na TABELA 3 os desvios foram causados pelo excesso de heterozigotos (204 heterozigotos:132 homozigotos). Porém, quando as progênies de árvores heterozigóticas, apresentando desvios de segregação, foram excluídas das análises, todos os testes se ajustaram à hipótese de segregação regular 1:1, e como a grande maioria das árvores se ajustou à hipótese de segregação 1:1, não se rejeita a hipótese de que o loco *6pgdh* esteja sob controle genético de um loco codominante.

O excesso observado de heterozigotos poderia ter sido causado por seleção a favor de heterozigotos entre o momento da fertilização e a análise dos fenótipos. Como isoenzimas são geralmente neutras, ou seja, não sofrem seleção, a seleção detectada poderia ser explicada por ligação entre o loco avaliado e um loco não neutro. Seleção para heterozigotos tem sido constantemente reportada em locos isoenzimáticos de espécies arbóreas. Desvios de segregação no loco *6pgdh* também são relatados por Sousa *et al.* (2002) em *Araucaria angustifolia*.

O loco *Pgm* apresentou desvios de segregação no teste $G_{1:1Agrupado}$ devido ao excesso de homozigotos (22 heterozigotos:44 homozigotos), embora nenhum dos testes individuais tenha apresentado desvio de segregação. Isso sugere que está ocorrendo desvio da razão de segregação codominante 1:1 nesse loco. Portanto, se rejeita a hipótese de segregação 1:1 no loco *Pgm*. Desvios de segregação têm sido detectados em vários locos isoenzimáticos de espécies arbóreas (Cheliak & Pitel, 1985; Shiraishi, 1988; Konnert *et al.*, 2001; Sousa *et al.*, 2002). As causas dos desvios de segregação observados no loco *Pgm* podem ser diversas, como: as isoenzimas podem estar sob controle de mais de um loco, seleção, distorções meióticas, interações interalélicas, ligação com locos, possuir alelos deletérios, erro amostral e erros de interpretação dos zimogramas nos géis (Cheliak & Pitel, 1985; Strauss & Conkle, 1986).

O loco *Pgi* apresentou desvios de segregação nos testes da hipótese de segregação total 1:1 ($G_{Total_1:1}$) e de homogeneidade de segregação ($G_{Homogeneidade}$). A causa dos desvios foi o excesso de heterozigotos. Contudo, quando cinco progênies apresentando desvios de segregação individual foram excluídas das análises, todos os testes se ajustaram à hipótese de segregação codominante 1:1. A causa dos desvios na segregação individual de progênies de árvores heterozigotas pode estar associada ao pequeno tamanho amostral, 15 plantas por progênies e a presença de seleção favorecendo alelos, visto que ocorreu heterogeneidade de segregação entre árvores e um excesso de heterozigotos. Segundo Pastorino & Gallo (2001), o ideal para estudos de segregação é o uso de grandes progênies > 50, isto evitaria problemas de deriva amostral nos testes. No entanto, não se rejeita a hipótese de segregação no loco *Pgi*.

3.4 Desequilíbrio de Ligação

O teste de desequilíbrio de ligação foi conduzido usando a medida composta de desequilíbrio de ligação de Burrows (TABELA 4). Dos 21 pares possíveis de combinações entre locos foram detectados indícios significativos de desequilíbrio de ligação entre os pares *Acp/Pgi*, *Est/Acp*, *G6pdh/6pgdh*, *Dia/Pgi* e *Dia/G6pdh* nas árvores adultas, *Acp/G6pdh* e *G6pdh/6pgdh* nas progênies antes do manejo e entre os locos *Acp/6pgdh*, *Est/Acp*, *G6pdh/Pgi* e *Dia/G6pdh* nas progênies pós-manejo. Contudo, como se trata da mesma população, mas gerações diferentes (adultos e duas gerações de descendentes), e as ligações não foram constantes entre as gerações, o desequilíbrio observado, aparentemente não é físico, mas gamético. Apenas o desequilíbrio observado entre os locos *Est/Acp*, *G6pdh/6pgdh* e *Dia/G6pdh* se repetiu em mais de uma geração. Desses, o desequilíbrio observado entre os pares de locos *Est/Acp* e *G6pdh/6pgdh* ocorreu na geração adulta e em apenas uma das gerações de progênies (antes ou após a exploração), sugerindo também se tratar de desequilíbrio gamético e não desequilíbrio de ligação. Nos outros dois locos, não foi possível avaliar as três gerações. O valor do coeficiente de desequilíbrio de Burrows (Δ_{ij}) foi de, no máximo, -0,085, indicando associação entre os alelos em repulsão. A medida de desequilíbrio de Burrows varia de -0,25 a 0,25 (Weir, 1979). Valor zero indica equilíbrio de ligação, valores tendendo a -0,25 indicam desequilíbrio de ligação e alelos de diferentes locos ligados em repulsão e valores tendendo a 0,25 indicam desequilíbrio de ligação e alelos de diferentes locos em acoplamento. Assim, pode-se afirmar que o desequilíbrio atingiu 34% do valor mínimo negativo (-0,25) e um dos locos. Em suma, esses resultados sugerem que os alelos dos *Dia/G6pdh* estão associados e não segregam independentemente, de forma que um dos locos deve ser removido de análises que requeiram locos em equilíbrio gamético, como estudos nessa população do sistema de reprodução, análise de paternidade e estrutura genética populacional. Nos demais pares de locos não foram detectados indícios de desequilíbrio de ligação e é possível afirmar que os alelos de diferentes locos segregam independentemente.

BARREIRA, S.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Herança genética e desequilíbrio de ligação em nove locos isoenzimáticos de *Eremanthus erythropappus*.

TABELA 4 – Valores estimados para a medida composta de Burrows para o desequilíbrio gamético ($\hat{\Delta}_{ij}$), resultados do teste de qui-quadrado (χ^2) para pares de locos isoenzimáticos que apresentaram desvios significativos da hipótese de desequilíbrio de ligação em *E. erythropappus*.

Pares de locos	Adultos		Progênie antes		Progênie após	
	$\hat{\Delta}_{ij}$	χ^2	$\hat{\Delta}_{ij}$	χ^2	$\hat{\Delta}_{ij}$	χ^2
<i>Acp/Pgi</i>	-0,045	4,38*	0,006	0,32	-0,001	0,01
<i>Acp/Pgm</i>	0,023	0,89	–	–	–	–
<i>Acp/6pgdh</i>	0,005	0,09	0,004	0,49	-0,02	3,95*
<i>Acp/G6pdh</i>	0,012	0,57	0,030	5,03*	0,00	0,00
<i>Acp/Dia</i>	0,004	0,04	–	–	-0,001	0,00
<i>Est/Pgi</i>	-0,005	0,06	0,014	1,69	0,010	0,24
<i>Est/Pgm</i>	0,006	0,06	–	–	–	–
<i>Est/6pgdh</i>	0,012	0,49	0,013	3,43	0,00	0,07
<i>Est/G6pdh</i>	0,003	0,02	0,026	3,39	-0,010	0,16
<i>Est/Dia</i>	-0,035	2,74	–	–	–	–
<i>Est/Acp</i>	0,066	8,77*	0,025	2,02	0,030	4,26*
<i>6pgdh/Pgi</i>	-0,010	0,49	-0,003	0,15	0,006	0,22
<i>6pgdh/Pgm</i>	0,009	0,34	–	–	–	–
<i>G6pdh/Pgi</i>	-0,018	1,05	–	–	-0,026	4,87*
<i>G6pdh/Pgm</i>	0,011	0,31	–	–	–	–
<i>G6pdh/6pgdh</i>	0,027	5,14*	-0,014	5,83*	-0,001	0,22
<i>Dia/Pgi</i>	0,063	10,65**	–	–	-0,002	0,02
<i>Dia/Pgm</i>	-0,017	0,61	–	–	–	–
<i>Dia/6Pgdh</i>	0,001	0,00	–	–	0,002	0,02
<i>Dia/G6pdh</i>	-0,085	17,45**	–	–	0,031	6,21*
<i>Pgm/Pgi</i>	-0,012	0,38	–	–	–	–

(*) $P < 0,05$.

(**) $P < 0,01$.

4 CONCLUSÕES

1. O estudo da herança e segregação em locos isoenzimáticos de *E. erythropappus* indica que os locos, em geral, segregam de acordo com as leis mendelianas.
2. O par de locos *Dia/G6pdh* apresentou indício de desequilíbrio de ligação, portanto, os alelos destes locos não segregam de forma independente e um dos locos deve ser excluído nessa população para análises genéticas que requeiram locos em equilíbrio de ligação, como estudos do sistema de reprodução e análises de paternidade.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos e estagiários do Laboratório de Reprodução e Genética - LARGEA do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, a dois revisores anônimos pelas importantes sugestões feitas no prévio manuscrito e a Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo - FAPESP pelo financiamento do projeto. Alexandre Magno Sebbenn e Paulo Yoshio Kageyama também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, W. T.; JOLY, R. J. Linkage relationships among twelve allozyme loci in loblolly pine. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 71, p. 199-202, 1980.
- ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicação em plantas e microorganismos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1998. 574 p.
- _____. **et al. Eletroforese de proteínas em fungos e essências florestais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 1991. 242 p.
- BROWN, A. H. D.; ALLARD, R. W. Estimation of mating system in open-pollinated maize populations using isozyme polymorphisms. **Genetics**, Washington, D.C., v. 66, p. 133-145, 1970.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPq; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CHELIAK, W. M.; PITEL, J. A. Inheritance and linkage of allozymes in *Larix laricina*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 34, p. 142-148, 1985.
- FURNIER, G. R. **et al.** Inheritance and linkage of allozymes in seed tissues of whitebark pine. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, v. 28, p. 601-604, 1986.
- GILLET, E.; HATTEMER, H. H. Genetic analysis of isoenzyme phenotypes using single tree progenies. **Heredity**, Oxford, v. 63, p. 135-141, 1989.
- GIUDICE-NETO, J. del; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Herança e ligação em locos isoenzimáticos de *Caesalpinia echinata* L. (pau-brasil). **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 101-110, 2004.
- GUSSON, E.; SEBBENN, A. M. Herança e equilíbrio gamético em locos isoenzimáticos de *Eschweilera ovata*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 129-136, 2004.
- HUANG, Q. Q. **et al.** Genetic control of isozyme variation in Masson Pine, *Pinus massoniana* Lamb. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 43, p. 285-292, 1994.
- KONNERT, M.; RUETZ, W.; FROMM, M. Genetic variation in *Acer pseudoplatanus* L. I. Inheritance of isozyme variants. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 8, p. 25-37, 2001.
- LEWANDOWSKI, A. Inheritance and linkage of some allozymes in *Pinus armandii* Franch. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 49, p. 79-82, 2000.
- _____.; BURCZYK, J.; MEJNARTOWICZ, L. Inheritance and linkage of some allozymes in *Taxus baccata* L. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 41, p. 342-347, 1992.
- LEWIS, P.O.; ZAYKIN, D. **GDA - Genetic Data Analysis: version 1.1 for Windows 95/NT**. Disponível em: <<http://www.lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/>>. Acesso em: 29 nov. 2002.
- LIU, Z.; FURNIER, G. R. Inheritance and linkage of allozymes and restriction fragment length polymorphisms in Trembling Aspen. **The Journal of Heredity**, Cary, v. 84, p. 419-424, 1993.
- MORAES, M. L. T. **et al.** Análise de fenótipos isoenzimáticos e desequilíbrio de ligação em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 83-90, 2004.
- MORGANTE, M.; VENDRAMIN, G. G.; GIANNINI, R. Inheritance and linkage relationships of isozyme variants of *Pinus leucodermis*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 42, p. 231-237, 1993.
- PASTORINO, M. J.; GALLO, L. A. Inheritance of isozyme variants in *Astrocedrus chilensis* (D. Do) Florin et Boutelje. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 47, p. 15-20, 1998.
- POTENKO, V. Inheritance of allozymes and genetic variation in natural population of Japanese Yew in Petrov Island, Russia. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 8, p. 307-313, 2001.
- RIBAS, L. A.; SEBBENN, A. M. Herança e desequilíbrio de ligação em locos isoenzimáticos de *Trema micrantha*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 73-81, 2004a.
- _____. Herança e desequilíbrio gamético em sete locos de isoenzimas de *Cecropia pachystachya*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 111-119, 2004b.

BARREIRA, S.; SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y. Herança genética e desequilíbrio de ligação em nove locos isoenzimáticos de *Eremanthus erythropappus*.

RITLAND, K. Extensions of models for the estimation of mating systems using n independent loci. **Heredity**, Oxford, v. 88, p. 221-228, 2004.

SEBBENN, A. M. Herança e ligação em locos de isoenzimas em *Genipa americana* L. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 65-72, 2004.

_____.; SEOANE, C. E. S. Herança e ligação em isoenzimas de equilíbrio de ligação em locos isoenzimáticos de *Tabebuia cassinoides*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 137-145, 2004.

SEOANE, C. E. S.; SEBBENN, A. M. Herança genética e desequilíbrio de ligação em isoenzimas de *Esenbeckia leiocarpa*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 57-63, 2004.

SHIRAISHI, S. Inheritance of isozymes variation in Japanese Black Pine, *Pinus thunbergii* Parl. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 37, p. 93-100, 1988.

SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S. **Isozyme in plant biology**. Portland: Dioscorides Press, 1989. 268 p. (Advances in plant science, 4).

SOUSA, V. A.; HATTEMER, H. H.; ROBINSON, I. P. Inheritance and linkage relationships of isozyme variants of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 51, p. 191-196, 2002.

STRAUSS, S. H.; CONKLE, M. T. Segregation, linkage and diversity of allozymes in knobcone pine. **Theor. Appl. Genet.**, Berlin, v. 72, p. 483-493, 1986.

TEIXEIRA, M. C. B. *et al.* Influência da luz na Germinação de sementes de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bit). In: XVIII-ERBOT., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 1996. p. 23-24.

WEIR, B. S. Inferences about linkage disequilibrium. **Biometrics**, Lawrence, v. 35, p. 235-354, 1979.

_____.; COCKERHAM, C. C. Estimation of linkage disequilibrium in randomly mating populations. **Heredity**, Lund, v. 43, p. 105-111, 1979.

**LEVANTAMENTO DE *Tibouchina* AUBL. (MELASTOMATACEAE)
NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR – NÚCLEO CURUCUTU – SÃO PAULO***

Cintia Vieira da SILVA**

Paulo AFFONSO**

RESUMO

Este trabalho consiste no levantamento das espécies de *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) ocorrentes no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Curucutu, Estado de São Paulo. Foram registradas sete espécies de *Tibouchina*: *Tibouchina cerastifolia* (Naud.) Cogn., *Tibouchina clinopodifolia* (DC.) Cogn., *T. fothergillae* (DC.) Cogn., *T. pulchra* (Cham.) Cogn., *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., *T. trichopoda* (DC.) Baill. e *T. virgata* (Gard.) Cogn. Para reconhecimento das espécies são apresentadas chave analítica, descrições, ilustrações, observações fenológicas, distribuição geográfica e comentários.

Palavras-chave: *Tibouchina*; Núcleo Curucutu; Melastomataceae; taxonomia.

1 INTRODUÇÃO

A família Melastomataceae apresenta aproximadamente 166 gêneros e cerca de 4.570 espécies distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais de todo o globo (Renner, 1993). No Brasil, Melastomataceae é a sexta maior família de Angiosperma, sendo encontrada do Amazonas ao Rio Grande do Sul, presente em praticamente todas as formações vegetais com número variável de espécies (Romero & Martins, 2002). Os representantes de Melastomataceae são freqüentemente reconhecidos por sua venação acródoma com um ou mais pares de nervuras primárias laterais em arcos convergentes da base para o ápice da folha (Clausing & Renner, 2001), flores hermafroditas, actinomorfas, androceu diplostêmone, estames com anteras falciformes,

ABSTRACT

This work is a survey of the species of *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) at the Serra do Mar State Park, Curucutu Nucleus, situated in São Paulo State. Seven species were recorded for *Tibouchina*: *T. cerastifolia* (Naud.) Cogn., *T. clinopodifolia* (DC) Cogn., *T. fothergillae* (DC.) Cogn., *T. pulchra* (Cham.) Cogn., *T. sellowiana* (Cham.) Cogn., *T. trichopoda* (DC.) Baill. and *T. virgata* (Gard.) Cogn. Analytical key, descriptions, illustrations, phenological observations, geographic distribution and comments on the species are presented.

Key words: *Tibouchina*; Núcleo Curucutu; Melastomataceae; taxonomy.

ovário com dois ou mais carpelos, numerosos óvulos e fruto baciforme (*Miconia* e *Leandra*) ou capsular (*Tibouchina*) (Marchiori & Sobral, 1997).

Tibouchina foi descrito por Aublet em 1775, com base em uma espécie proveniente da Guiana Francesa denominada *T. aspera* (Souza, 1986; Guimarães, 1997). Conta com aproximadamente 250 espécies, concentradas especialmente no Brasil (Peralta, 2002). Na Mata Atlântica, é uma planta tipicamente pioneira, de ampla distribuição (Pompéia *et al.*, 1992; Domingos, 1998). Muitas de suas espécies são utilizadas na ornamentação de ruas, parques, praças públicas e sob as redes elétricas, prática usual no Sudeste brasileiro, pois são plantas com flores atrativas, tolerantes à luminosidade direta e altura normalmente inferior a 10 m, tais como: *T. mutabilis* Cogn., *T. grandifolia* Cogn. e *T. moricandiana* Baill. (Lorenzi, 2001).

(*) Parte do trabalho de monografia do primeiro autor. Aceito para publicação em novembro de 2005.

(**) Universidade de Santo Amaro, Faculdade de Biologia, Herbário UNISA, Rua Prof. Enéas de Siqueira Neto, 340, 04829-300, São Paulo, SP, Brasil.
Autor para correspondência: paffonso@unisa.br

Tibouchina apresenta hábitos variados, com flores nas cores branca, rósea, purpúrea, lilás ou roxa, isoladas ou organizadas em panícula, fascículo ou cimeira, com fruto capsular (Chiea, 1990; Barroso, 1991; Medeiros, 1993; Marchiori & Sobral, 1997). A mais completa revisão taxonômica do gênero foi realizada há mais de 100 anos por Cogniaux (1891).

O Núcleo Curucutu faz parte do Parque Estadual da Serra do Mar e é uma das porções menos conhecidas da Serra do Mar, apesar da sua localização na capital paulista (Garcia & Pirani, 2005). São poucos os trabalhos realizados na área: Nogueira (2001) fez a caracterização do meio físico e o mapeamento da vegetação e Garcia & Pirani (2005) realizaram as análises florística, ecológica e fitogeográfica. A família Melastomataceae encontra-se representada na área por dez gêneros, entre os quais se encontra *Tibouchina*.

Este trabalho teve como objetivo o levantamento de *Tibouchina* ocorrente no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Curucutu, São Paulo, incluindo a elaboração de chave analítica, descrições, ilustrações e observações fenológicas para as espécies.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo – o Núcleo Curucutu localiza-se na região sul da cidade de São Paulo, distante 70 km do centro paulista. O Núcleo faz parte do Parque Estadual da Serra do Mar, compreendendo os municípios de São Paulo, Jujutiba e Itanhaém (Garcia, 2003). A Reserva Estadual do Curucutu foi incorporada ao Parque Estadual da Serra do Mar, tornando-se Núcleo Curucutu, através dos Decretos Estaduais nº 10251/77 e 13313/79 (Nogueira, 2001).

Coleta e tratamento do material botânico – foram realizadas coletas mensais no período de março/2002 a março/2003, nas seguintes trilhas: Trilha Nova do Mirante, Trilha do Banquinho, Trilha do Lago, Trilha do Rio Mambú, Trilha da Captação de Água e Trilha do Campo à direita antes do *Pinus* na Entrada. O material coletado foi identificado e depositado nos acervos do Herbário UNISA, Faculdade de Biologia da Universidade de Santo Amaro - UNISA e Herbário da Prefeitura do Município de São Paulo - PMSP. Para as identificações foram utilizados os trabalhos de Cogniaux (1883-1885), Wurdack (1962), Souza (1986) e Chiea (1990).

Durante o desenvolvimento deste trabalho, alguns espécimes foram marcados para o acompanhamento fenológico. Esses dados foram obtidos através de observações de campo, bem como consultas aos seguintes herbários: Instituto de Botânica (SP), Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), Universidade de Campinas (UEC), Universidade de São Paulo (SPF) e consultas à literatura.

As descrições foram elaboradas com base no material examinado. Para análise do material e confecção das ilustrações utilizou-se um estereomicroscópio. Incluíram-se nas ilustrações aspectos gerais dos ramos, folhas e partes reprodutivas utilizadas no reconhecimento do táxon. Utilizou-se material herborizado e/ou fixado em álcool 70%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *Tibouchina* Aubl.

Erva, subarbusto, arbusto ou árvore. Ramos cilíndricos a tetragonais; glabro, esparso a densamente piloso. Folha membranácea ou coriácea, oval ou oblongo-lanceolada, lanceolada ou elíptica; peciolada; oposta; nervação acródoma basal, 3-5 nervuras, com ou sem 2 nervuras laterais suprabasais. Inflorescência panícula, dicásio, flores solitárias axilares ou terminais, com brácteas grandes ou reduzidas na base, flores tetrâmeras ou pentâmeras; hipanto esparso ou densamente piloso, lacínios do cálice persistentes ou caducos; corola rósea, purpúrea, purpúreo-violácea, rubro-violácea ou alva. Estames 8-10, de tamanhos diferentes ou quase iguais entre si, filete glabro ou piloso, antera subulada, uniporosa, ápice atenuado, conectivo longamente prolongado além dos lóculos da antera, lóculos geralmente ondulados, bituberiformes ou bilobados na face ventral. Estilete glabro ou piloso, filiforme, arqueado ou sigmóide, estigma punctiforme. Ovário tetralocular ou pentalocular. Fruto capsular loculicida, tetravalvar ou pentavalvar, envolvido pelo tubo do cálice. Muitas sementes por lóculos.

Chave de identificação de *Tibouchina* no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu

- 1- Flores tetrâmeras, 8 estames..... *T. cerastifolia*
- 1'- Flores pentâmeras, 10 estames..... 2
- 2- Folhas com 3 ou 5 nervuras basais..... 3
- 2'- Folhas com 3 nervuras basais e 2 suprabasais..... 5
- 3- Folhas com 5 nervuras basais..... *T. pulchra*
- 3'- Folhas com 3 nervuras basais..... 4
- 4- Ramos moderadamente setosos; folhas setosas na face abaxial e estrigosas na face adaxial; cálice esparsamente setoso, 2 brácteas involucrais *T. trichopoda*
- 4'- Ramos estrigosos; folhas estrigosas em ambas as faces; cálice densamente seríceo-esbranquiçado, 4 brácteas involucrais..... *T. sellowiana*
- 5- Subarbusto, ca. 30 cm alt.; estames quase iguais entre si *T. clinopodifolia*
- 5'- Arbusto ou árvores; estames de tamanhos distintos..... 6
- 6- Folhas elípticas, 7-18 cm compr., 2,3-6,7 cm larg..... *T. virgata*
- 6'- Folhas lanceoladas a oblongo-lanceoladas, 2,5-9 cm compr., 0,6-1,5 cm larg..... *T. fothergilla*

1. *Tibouchina cerastifolia* (Naud.) Cogn. Fl. Bras. 14(3):332.1883 (FIGURAS 1A - D)

Subarbusto, ca. 1 m alt. Ramo tetragonal, setoso glanduloso densamente hirsuto, tricomas glandulares concentrados nas partes jovens. Folha membranácea, oval, 3 nervuras centrais basais e 2 nervuras laterais suprabasais, limbo 3-5 cm compr., 1-2 cm larg., base obtusa, margem serrilhada, ápice acuminado, estrigoso em ambas as faces. Panícula dicasial 2-23,5 cm compr., 1,5-20,5 cm larg. Flores tetrâmeras; 2 brácteas involucrais ca. 1 mm compr., 1 mm larg.; hipanto setoso-glanduloso; corola rósea a purpúrea; estames 8, filetes 6-7 e 8-9 mm compr., glabros, anteras 3-5 e 6-8 mm compr.;

estilete 1-1,3 cm compr., glabro; ovário tetralocular; lacínios do cálice persistentes no fruto; cápsula subglobosa, tetrasulcada.

Material examinado – Trilha do Mirante, **G.M.P. Ferreira 70**, 28-03-1996 (PMSP); Trilha para o Rio Embú-Guaçú, borda de reflorestamento de *Pinus*, **R.J.F. Garcia 1130**, 23-03-1997 (UNISA); Trilha do Rio Mambú, floresta ribeirinha ao longo do Rio Mambú, **D. Meireles 140**, 13-04-2001 (SPF); Trilha perto da Ponte, atrás da Sede, **P. Affonso 582**, 27-03-2002 (UNISA).

Material adicional – MINAS GERAIS: Belo Horizonte, **L. Roth s. n.**, 05-12-1955 (SP 321291); MINAS GERAIS: Betim, **L. Roth s. n.**, 30-07-1955 (SP 317141); MINAS GERAIS: Pouso Alegre, **F.C. Hoehne s. n.**, 28-04-1927 (SP 19246); MINAS GERAIS: Três Lagoas,

Córrego da Onça ou do Japão, Fazenda Lauraguti, **J.C. Gomes Jr. 1959**, 19-06-1964 (SP); RIO de JANEIRO: Barra do Pirahy, **F.C. Hoehne s. n.**, 13-04-1926 (SP 17331); SÃO PAULO: Biritiba Mirim, **M. Kirizawa 1389**, 10-03-1985 (SP); SÃO PAULO: Carapicuíba, **M.A. Kawall 146**, 21-03-1991 (SP); SÃO PAULO: Salesópolis, Estação Biológica de Boracéia, **J. Mattos 12570**, 27-04-1966 (SP); SÃO PAULO: São Caetano do Sul, **A.C. Brade 7437**, 24-02-1915 (SP); SÃO PAULO: São Paulo, Parelheiros, Sítio à esquerda na Estrada Eng. Marsilac, **S.A.P. Godoy 438**, 18-04-1995 (PMSP).

Comentários – a espécie pode ser encontrada em São Paulo, Rio Grande do Sul (Rambo, 1958; Souza, 1986; Chiea, 1990), Minas Gerais, Rio de Janeiro (Rambo, 1958; Chiea, 1990), Paraná (Souza, 1986; Chiea, 1990), Santa Catarina (Chiea, 1990), Mato Grosso, Equador e Uruguai (Souza, 1986), florescendo e frutificando de novembro a maio.

Dentre as espécies estudadas distingue-se prontamente das demais por apresentar flores tetrâmeras.

Vegetativamente, *T. cerastifolia* se assemelha a *T. cisplatensis*, *T. herbacea* (Rambo, 1958), *T. longipilosa*, *T. rupestris* (Souza, 1986) e *T. sebastianapolitana* (Chiea, 1990). A flor pentâmera separa *T. rupestris*; os conectivos, quase iguais entre si, separam *T. cisplatensis* e *T. herbacea*; as 5 nervuras basais e os estames, quase iguais entre si, distinguem *T. sebastianapolitana*; o indumento setoso é o principal atributo utilizado para separar *T. longipilosa*.

2. *Tibouchina clinopodifolia* (DC) Cogn. Fl. Bras. 14(3):411.1883

Subarbusto, ca. 30 cm alt. Ramo tetragonal, esparsamente setoso glanduloso, tricomas glandulares. Folha membranácea, oval, 3 nervuras centrais basais e 2 nervuras laterais suprabasais, limbo 3,5-5 cm compr., 1,7-2,3 cm larg., base obtusa, margem serreada, ápice acuminado, setoso-glanduloso em ambas as faces. Dicásio 1,4-3 cm compr., 1,2-2 cm larg. Flores pentâmeras; 2 brácteas involucrais ca. 3 mm compr., 1 mm larg.; hipanto setoso-glanduloso; corola róseo-clara; estames 10, quase iguais entre si, filetes ca. 3 mm compr., glabros, anteras ca. 1,5-2 mm compr.;

estilete ca. 5 mm compr., glabro; ovário pentalocular; lacínios do cálice persistentes no fruto; cápsula subglobosa, pentasulcada.

Material examinado – Trilha da entrada do Lago, **M.A.S. Mayworm 252**, 30-11-2001 (UNISA).

Material adicional – MINAS GERAIS: Carangola, **L. Krieger & R.N. Camargo 21787**, 01-04-1987 (SP); PARANÁ: Morretes, **F.C. Hoehne s/nº**, 20-10-1928 (SP); PARANÁ: São Mateus do Sul, Fazenda do Durgo, **R.M. Britez, J.T. Motta & M.I. Kiershi 24934**, 07-01-1986 (UEC); RIO de JANEIRO: Angra dos Reis, **F.C. Hoehne & A. Gehrt s/nº**, 17-04-1926 (SP); RIO de JANEIRO: Itatiaia, Parque Nacional, **R. Simão-Bianchini & S. Bianchini 549**, 14-10-1994 (SP); SANTA CATARINA: Blumenau, Margem do Rio Incana, **J. Mattos 12060**, 13-11-1964 (SP); SÃO PAULO: São Miguel Arcanjo, Parque Estadual Carlos Botelho, **P.L.R. de Moraes 1182**, 02-03-1995 (UEC); SÃO PAULO: São Paulo, Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, **I.C.C. Macedo 07**, 03-02-1983 (SP).

Comentários – *T. clinopodifolia* ocorre em Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo (Souza, 1986; Chiea, 1990), Rio Grande do Sul (Rambo, 1958; Souza, 1986; Chiea, 1990), Santa Catarina (Wurdack, 1962; Souza, 1986; Chiea, 1990) e Peru (Souza, 1986), florescendo e frutificando de outubro a abril.

Esta espécie apresenta hábito semelhante à *T. cerastifolia*, diferindo por suas flores pentâmeras.

Vegetativamente, *T. clinopodifolia* se assemelha a *T. urbanii*, *T. versicolor* (Souza, 1986) e *T. sebastianapolitana* (Chiea, 1990). A flor pentâmera separa *T. clinopodifolia* dessas três espécies; as 5 nervuras basais também distinguem *T. sebastianapolitana*.

3. *Tibouchina fothergillae* (DC) Cogn. Fl. Bras. 14(3):320.1888 (FIGURAS 3D – F)

Arbusto, ca. 1,5 m alt. Ramo cilíndrico, setoso posteriormente glabrescente. Folha membranácea, oblongo-lanceolada ou lanceolada, 3 nervuras centrais basais e 2 nervuras laterais suprabasais, limbo 2,5-9 cm compr., 0,6-1,5 cm larg., base aguda, margem íntegra, ápice agudo, setoso em ambas as faces, nervuras seríceas.

Flores solitárias terminais e dicásio 1,6-1,8 cm compr., 2-2,6 cm long. Flores pentâmeras; 2 brácteas involucrais ca. 1,4 cm compr., 0,6 cm larg.; hipanto setoso; corola purpúrea; estames 10, filetes 0,5-0,9 e 0,7-1,1 cm compr., recoberto por tricomas glandulares na metade inferior, anteras 4-6 e 7-8 mm compr.; estilete ca. 8 mm compr., esparsamente setoso até 2/3 em direção ao ápice e glabro no ápice; ovário pentalocular; lacínios do cálice decíduos no fruto; cápsula ovóide, pentasulcada.

Material examinado – Trilha do Rio Embu-Guaçú, **P. Affonso 386**, 19-03-1999 (UNISA); Trilha do Rio Mambú, sobre rochas na cachoeira, **P. Affonso 622**, 29-05-2003 (UNISA).

Material adicional – MINAS GERAIS: Caparaó (Parque Nacional), caminho para macieira, **L. Krieger 24081**, 30-04-1989 (SP); MINAS GERAIS: Delfim Moreira, São Francisco dos Campos, **M. Kuhlmann 2434**, 07-06-1950 (SP); MINAS GERAIS: Delfinópolis, Estrada Babilônia – Barreiro, Alto da Serra, **R. Romero 3444**, 24-05-1996 (SP); MINAS GERAIS: Ouro Preto, Cachoeira das Andorinhas, **L. Mautone 736**, 23-05-1979 (SP); MINAS GERAIS: Paraisópolis, **F.C. Hoehne s. n.**, 25-04-1927 (SP 19180); MINAS GERAIS: São Roque de Minas, Nascente do Rio São Francisco, Serra da Canastra, **R. Romero 2415**, 15-07-1995 (SP); RIO de JANEIRO: Serra da Itatiaya, **A.C. Brade s. n.**, 04-06-1913 (SP 5942); SÃO PAULO: Campos do Jordão, Estrada para Pedra Baú, **M. Sekane 559**, 28-05-1977 (SP); SÃO PAULO: Eldorado, Caverna do Diabo, **G. Árbocz 32703**, 09-02-1995 (SPF); SÃO PAULO: Mogi das Cruzes, **O. Handro 1081**, 04-1964 (SP); SÃO PAULO: São José do Barreiro, **H.C. de Lima 1231**, 14-05-1980 (SP); SÃO PAULO: São Luiz de Paraitinga, **J. Mattos 8907**, 02-05-1961 (SP); SÃO PAULO: São Miguel Arcanjo, Parque Estadual Carlos Botelho, **A.C. Dias 118**, 14-12-1987 (SP); SÃO PAULO: São Paulo, Fazenda da Sabesp, Guarapiranga, **N.S. Ávila s. n.**, 06-07-1994 (PMSP 1554).

Comentários – *T. fothergillae* pode ser encontrada em Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo, florescendo e frutificando em quase todos os meses do ano, sendo os mais representativos abril e maio.

Difere das demais espécies estudadas por apresentar folha oblongo-lanceolada ou lanceolada, indumento setoso com nervuras seríceas e filete recoberto por tricomas glandulares.

Romero (1993) descreve *T. moricandiana* como muito semelhante a *T. fothergillae*, a autora relata que Cogniaux (1886-1888) se baseia em poucos caracteres para separá-las, como os ramos cilíndricos e nervuras confluentes na base em *T. fothergillae* e ramos obscuramente quadrangulares e nervuras pouco confluentes na base em *T. moricandiana*.

A descrição de *T. moricandiana*, feita por Romero (1993), apresenta diferenças muito tênues com a de *T. fothergillae* presente neste trabalho, são elas: limbo (6-10,5 cm compr., 2-4 cm larg.), filetes (0,7-8 e 0,9-1 cm compr.), anteras (0,7-0,8 e 1-1,5 cm compr.), estilete (15-16 mm compr.) piloso somente na base (tricomas simples). Também difere quanto à inflorescência, panícula terminal (9-13 cm compr.).

4. *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. Fl. Bras. 14(3):301.1883 (FIGURAS 1E – G)

Árvore, ca. 6 m alt. Ramo cilíndrico, estrigoso posteriormente glabrescente. Folha coriácea, elíptica, 5 nervuras basais, limbo 3,5-10,5 cm compr., 1-3 cm larg., base aguda, margem íntegra, ápice acuminado, estrigoso em ambas as faces. Flores solitárias terminais, pentâmeras; 4 brácteas involucrais 1,5-1,7 cm compr., 0,6-1 cm larg.; hipanto densamente seríceo; corola alva na ântese, posteriormente rubro-violácea; estames 10, filetes 1-1,4 e 1,7-2,2 cm compr., ventralmente com tricomas glandulares rubros na região central, anteras 1-1,2 e 1,2-1,8 cm compr.; estilete 2,3-3 cm compr., setoso da base até 2/3 em direção ao ápice; ovário pentalocular; lacínios do cálice decíduos no fruto; cápsula subglobosa, pentasulcada.

Material examinado – Trilha perto do lago, **C.V. Silva 10**, 25-02-2003 (UNISA).

Material adicional – PARANÁ: Morro Grande, **M. Kuhlmann**, 30-08-1939 (SP 41574); RIO de JANEIRO: Parati, **G. Martinelli 530**, 10-01-1975 (SP); SÃO PAULO: Biritiba Mirim, **A.C. Filho 1566**, 29-09-1983 (SP); SÃO PAULO: Caraguatatuba, **B. Costa s. n.**, 30-03-1960 (SP 202195); SÃO PAULO: Cunha, Parque Estadual da Serra do Mar, **O.T. Aguiar 243**, 01-03-1998 (SPF); SÃO PAULO: Jucituba, Serra do Cafezal, **M.A.G. Magenta 52**, 26-03-1997 (SPF); SÃO PAULO: Paranapiacaba, **S.C. Mazzoni-Viveiros 43**,

08-08-1990 (SP); SÃO PAULO: Salesópolis, **M. Kuhlmann 4344**, 16-03-1958 (SP); SÃO PAULO: São Paulo, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Pilões, **J.B. Baitello 289**, 28-02-1989 (SP).

Comentários – *Tibouchina pulchra* ocorre em São Paulo, Santa Catarina (Chiea, 1990; Romero, 1993), Rio Grande do Sul (Chiea, 1990), Paraná e Rio de Janeiro (Romero, 1993), floresce e frutifica entre os meses de setembro a março.

A espécie que mais se assemelha a *T. pulchra*, na área de estudo, é *T. sellowiana*, ambas apresentam mudança de coloração em suas flores, de branca na ântese a rubro-violácea. O número de nervuras, 5 basais em *T. pulchra* e 3 basais em *T. sellowiana* é um bom caráter de separação entre estas espécies.

T. pulchra assemelha-se muito a *T. mutabilis* (Chiea, 1990; Romero, 1993). As características utilizadas para a separação são a presença do indumento densamente hirsuto nos ramos e o ápice do filete esparsamente viloso em *T. mutabilis*. Romero (1993) acredita que tais características podem facilmente distinguir essas espécies. As mesmas características são utilizadas por Chiea (1990), mas esta autora afirma que estas características são muito frágeis e possivelmente sejam variedades, opinião compartilhada pelos autores deste trabalho.

5. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn. Fl. Bras. 14(3):304.1883 (FIGURAS 2E – G)

Arbusto ou árvore, 0,4-5 m alt. Ramo cilíndrico ou levemente tetragonal, estrigoso posteriormente glabrescente. Folha coriácea, elíptica, 3 nervuras basais, limbo 3-6,5 cm compr., 1,5-2,5 cm larg., base aguda, margem íntegra, ápice acuminado, estrigoso em ambas as faces. Flores solitárias terminais, pentâmeras; 4 brácteas involucrais 0,9-1,4 cm compr., 0,6-1 cm larg.; hipanto densamente seríceo; corola alva na ântese, posteriormente purpúreo-violácea ou purpúreo-violácea de centro esbranquiçado desde a ântese; estames 10, filetes 0,6-0,8 e 1-1,3 cm compr., glabros, anteras 0,6-0,8 e 1-1,3 cm compr.; estilete 1,4-2,3 cm compr., glabro; ovário pentalocular; lacínios do cálice decíduos no fruto; cápsula ovóide, pentasulcada.

Material examinado – Trilha do Mirante, **R.J.F. Garcia 1086**, 21-03-1997 (UNISA); Trilha do Campo, **R.J.F. Garcia 1098**, 22-03-1997 (UNISA); Trilha do Mirante, **N.S. Chukr 567**, 14-05-1997 (UNISA); Trilha do Campo, **N.S. Chukr 590**, 15-05-1997 (UNISA); Trilha do Campo, **P. Affonso 20**, 07-07-1997 (UNISA); Trilha do Rio Embú-Guaçú, **P. Affonso 92**, 22-08-1997; Trilha do Rio Embú-Guaçú, **P. Affonso 147**, 06-03-1998 (UNISA); Trilha do Rio Embú-Guaçú, **P. Affonso 185**, 06-03-1998.

Material adicional – MINAS GERAIS: Poços de Caldas, **F.C. Hoehne s. n.**, 20-03-1920 (PMSP 3774); PARANÁ: Nova Balsa, **G. Hatschbach 42970**, 21-04-1980 (SPF); SÃO PAULO: Campos do Jordão, **O.T. Aguiar 259**, 05-04-1988 (SP); SÃO PAULO: Cunha, Parque Estadual da Serra do Mar, **J.B. Baitello 350**, 26-04-1990 (SP); SÃO PAULO: Mogi das Cruzes, **M. Kuhlmann 4222**, 19-07-1957 (SP); SÃO PAULO: Ribeirão Pires, **M. Kuhlmann 4091**, 03-06-1957 (SP); SÃO PAULO: São Paulo, Parque Ecológico da APA do Carmo, **R.J.F. Garcia 461**, 24-05-1994 (PMSP).

Comentários – Esta espécie pode ser encontrada em Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo (Rambo, 1958; Wurdack, 1962; Souza, 1986; Chiea, 1990), Paraná, Rio Grande do Sul (Souza, 1986; Chiea, 1990) e Santa Catarina (Wurdack, 1962; Souza, 1986; Chiea, 1990), florescendo e frutificando de fevereiro a junho.

A espécie que mais se assemelha a *T. sellowiana*, no Núcleo Curucutu, é *T. trichopoda*, porém se distinguem pelo padrão de indumento do ramo, folha e cálice, pelo número de brácteas involucrais, e pela organização de suas flores.

A mudança na coloração de suas flores torna esta espécie muito atrativa para uso ornamental (Hoehne *et al.*, 1941) sendo conhecida popularmente como manacá, manacá-da-serra, quaresmeira e tibouchina (Souza, 1986).

Esta espécie pode apresentar hábito variado conforme sua localização. Em área de campo, os espécimes são arbustos com cerca de 1 m, ocorrendo mudança de coloração das flores, enquanto os espécimes que se encontram em mata são árvores, atingindo até 5 m de altura, podendo ou não ocorrer mudança na coloração de suas flores.

6. *Tibouchina trichopoda* (DC.) Baill., Adansonia 12:75.1887 (FIGURAS 2A – D)

Arbusto, ca. 1 m alt. Ramo agudamente tetragonal, moderadamente setoso, posteriormente glabrescente. Folha coriácea, elíptica, 3 nervuras basais, limbo 3-5,5 cm compr., 1-2 cm larg., base aguda, margem íntegra, ápice acuminado, face adaxial estrigosa, face abaxial setosa. Panícula 3,7-11 cm compr., 2-7 cm larg. Flores pentâmeras; 2 brácteas involucrais 0,8-1 cm compr., 0,6-1,2 cm larg.; hipanto setoso-glanduloso; corola purpúreo-violácea; estames 10, filetes 0,5-0,8 e 0,8-1,5 cm compr., glabros, anteras 5-7 e 7-9 mm de compr.; estilete 1-1,6 cm compr., glabro; ovário pentalocular; lacínios do cálice decíduos no fruto; cápsula subglobosa, pentasulcada.

Material examinado – Trilha da beira do lago, **S.A.P. Godoy 768**, 16-08-1995 (PMSP); Trilha do Campo, **R. Simão-Bianchini 901**, 18-01-1996 (PMSP); Trilha do Campo, **R.J.F. Garcia 1034**, 13-02-1997 (UNISA); Estrada da Entrada, **P. Affonso 140**, 23-08-1997 (UNISA).

Material adicional – ESPÍRITO SANTO: entre o Morro d'anta a Santana, **J. Mattos 10746**, 15-12-1962 (SP); PARANÁ: Guaratuba, **L. Krieger 11008**, 08-10-1971 (SP); RIO de JANEIRO: Rio de Janeiro, próximo ao Recreio dos Bandeirantes, **W. Hoehne 6074**, 23-08-1965 (SPF); SÃO PAULO: Praia Grande, **M. Kawall 157**, 16-05-1992 (SP); SÃO PAULO: São Paulo, Reserva Biológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, **J.A. Côrrea 103**, 07-01-1975 (SP).

Comentários – *Tibouchina trichopoda* ocorre em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo, Bahia (Pereira, 1960; Souza, 1986; Chiea, 1990), Paraná, Rio Grande do Sul (Souza, 1986; Chiea, 1990) e Espírito Santo, florescendo e frutificando de novembro a maio.

Souza (1986) cita as semelhanças existentes entre *T. multiceps* e *T. trichopoda*, comparando as descrições efetuadas por Cogniaux (1883-1885) e Wurdack (1962), restritas a comprimento do pecíolo, brácteas (comprimento, margem e densidade de tricomas), cálice (tricomas) e comprimento dos conectivos, consideradas por esta autora, pouco significativas. Wurdack (1962)

considera *T. multiceps* como uma provável variedade de *T. trichopoda*, o que é aceito em parte por Souza (1986). Esta autora, ainda considera *T. asperior*, como uma espécie que também pode ser confundida com *T. trichopoda*, pelo seu aspecto vegetativo, muito em função da rigidez de seus tricomas, embora a autora considere esta última menos áspera ao tato.

7. *Tibouchina virgata* (Gardn.) Cogn. Fl. Bras. 14(3):320.1885 (FIGURAS 3A – C)

Árvore, ca. 4 m alt. Ramo cilíndrico, estrigoso. Folha coriácea, elíptica, 3 nervuras centrais basais e 2 nervuras laterais suprabasais, limbo 7-18 cm compr., 2,3-6,7 cm larg., base aguda, margem íntegra, ápice acuminado, estriguloso em ambas as faces, nervuras estrigosa-estrigulosas. Panícula 8,5-18 cm compr., 10-18,5 cm larg. Flores pentâmeras; 2 brácteas involucrais ca. 5 mm compr., 3 mm larg.; hipanto setoso; corola rósea a purpúrea; estames 10, filetes 0,7-0,8 e 1-1,1 cm compr., glabros, anteras 0,8-0,9 e 1-1,2 cm compr.; estilete 1-1,8 cm compr., glabro; ovário pentalocular; lacínios do cálice persistentes no fruto; cápsula subglobosa, pentasulcada.

Material examinado – Trilha do Mirante, **N.S. Chukr 547**, 14-05-1997 (UNISA); Trilha do Rio Embú-Guaçú, **P. Affonso 389**, 19-03-1999 (UNISA); Trilha da Cachoeira do Banquinho, **P. Affonso 407**, 30-04-1999 (UNISA); Trilha do Banquinho, **L.C.Q.M.P. Sampaio 247**, 02-07-1999 (UNISA); Trilha da Captação d'água, **P. Affonso 580**, 27-03-2002 (UNISA); **Trilha do Mirante, G.M.P. Ferreira 72**, 28-03-1996 (PMSP).

Comentários – *Tibouchina virgata* provavelmente seja uma espécie de distribuição muito restrita. Até o momento foi referida apenas para a Serra dos Órgãos, no Rio de Janeiro (Garcia, 2003), florescendo e frutificando de março a julho.

Esta espécie se diferencia facilmente das demais espécies estudadas pelo tamanho e aspereza muito intensa de suas folhas.

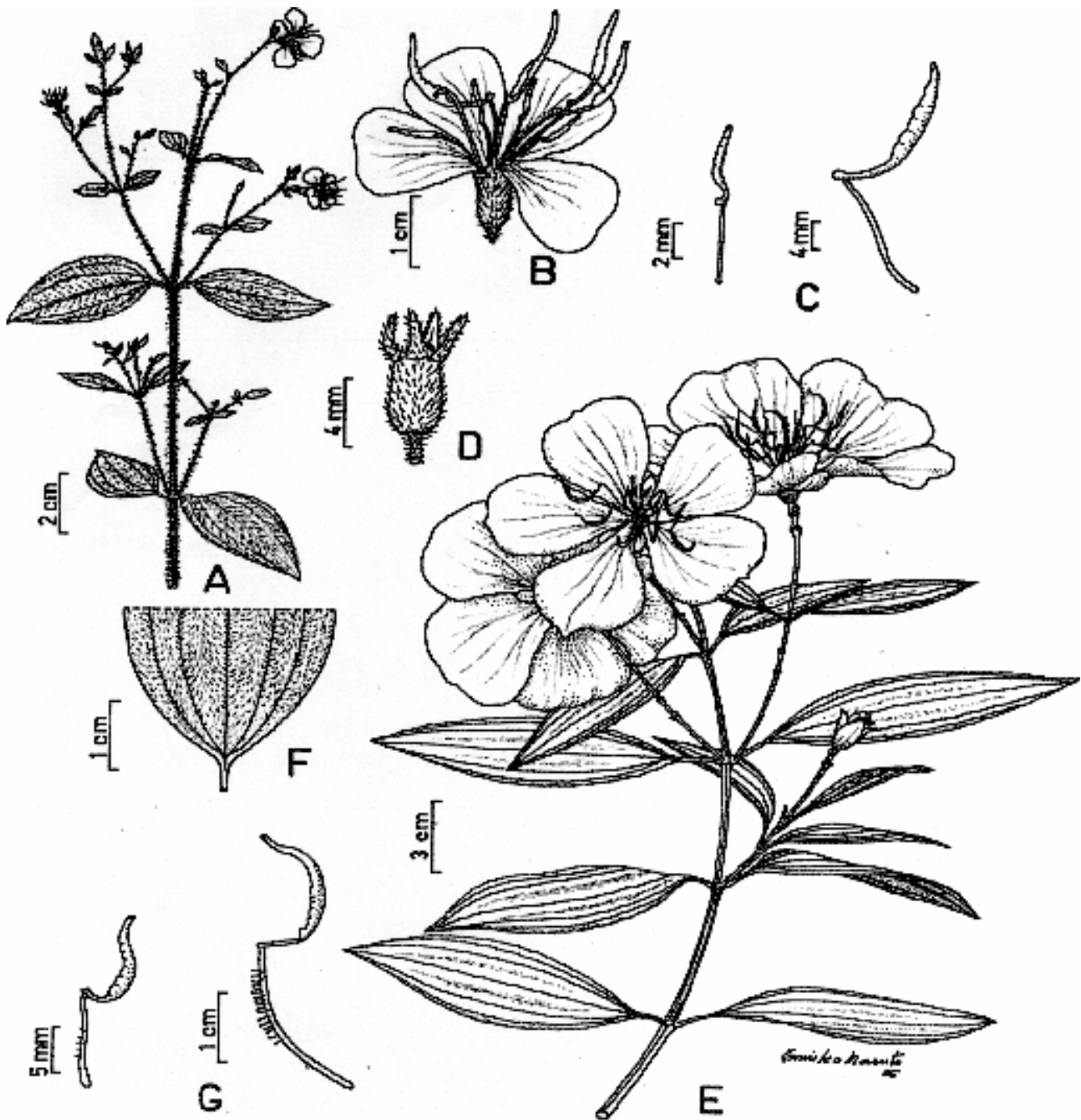


FIGURA 1 – *Tibouchina cerastifolia*. A. Hábito. B. Flor. C. Estames, filete glabro. D. Hipanto e lacínios do cálice. *T. pulchra*. E. Hábito. F. Base da folha, destacando as 5 nervuras basais. G. Estames filete ventralmente com tricomas glandulares na região central.

SILVA, C. V. da; AFFONSO, P. Levantamento de *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu – São Paulo.

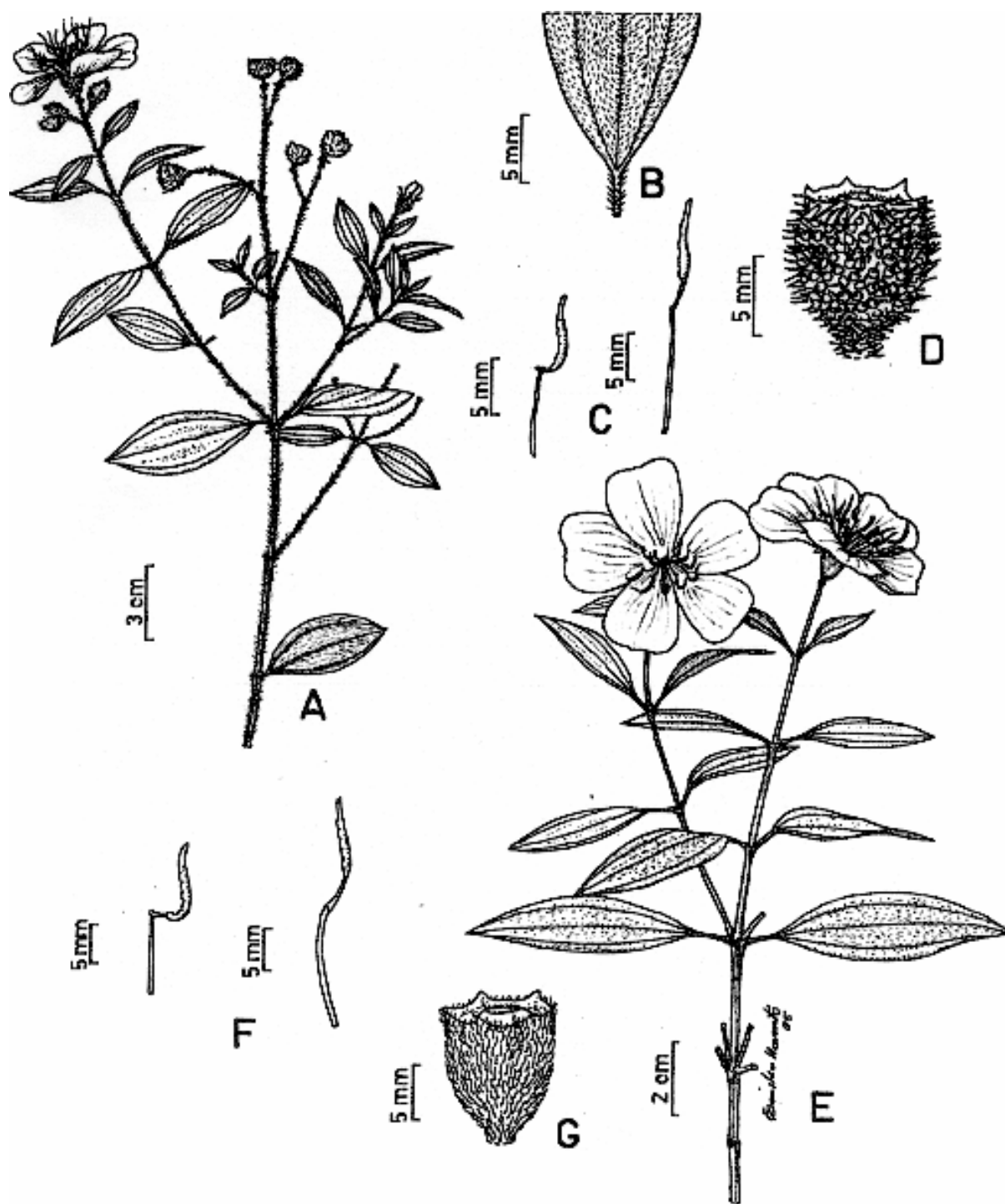


FIGURA 2 – *Tibouchina trichopoda*. A. Hábito. B. Base da folha, destacando as 3 nervuras basais. C. Estames, filete glabro. D. Cálice setoso glanduloso. *T. sellowiana*. E. Hábito. F. Estames, filete glabro. G. Cálice densamente seríceo.

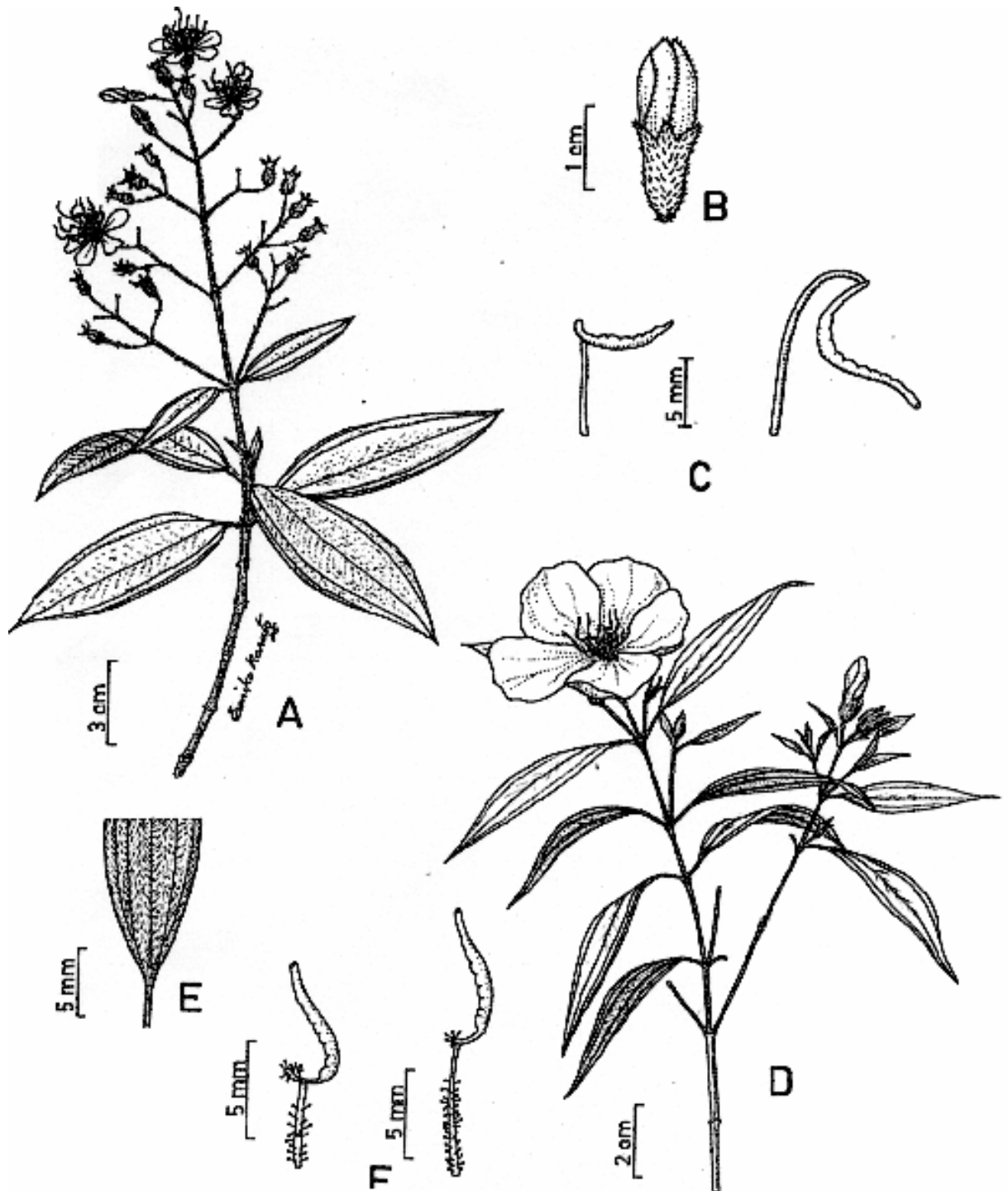


FIGURA 3 – *Tibouchina virgata*. A. Hábito. B. Botão floral. C. Estames, file glabro. *T. fothergillae*. D. Hábito. E. Base da folha, destacando as 3 nervuras basais e 2 suprabasais. F. Estames,, tricomas glandulares no filete e na base do conectivo.

SILVA, C. V. da; AFFONSO, P. Levantamento de *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu – São Paulo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Faltam dados que indiquem a representatividade de *Tibouchina* para o Estado São Paulo. Floras regionais como a *Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga* (Chiea, 1990) e a *Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso* (Barros *et al.*, 1991) citam, respectivamente, 14 e 8 espécies.

No Núcleo Curucutu, *Tibouchina* está representada por sete espécies, destas, *T. virgata* parece constituir novidade taxonômica para a flora de São Paulo.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Florestal, pela autorização para realização deste trabalho no Núcleo Curucutu. Aos curadores dos Herbários PMSP, SP, SPF e UEC, pela permissão das consultas aos acervos. À PqC Silvia Corrêa Chiea, do Instituto de Botânica de São Paulo, e à Dra. Angela Borges Martins, do Departamento de Botânica da Unicamp, pelas confirmações das identificações. Ao Dr. Ricardo José Francischetti Garcia do Herbário PMSP e ao MSc. Carlos Alberto Garcia Santos do Herbário UNISA pelas sugestões e críticas. Aos revisores do trabalho, pela leitura crítica do manuscrito. A Unisa pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, F. *et al.* Caracterização geral da vegetação e listagem das espécies ocorrentes. In: MELO, M. M. R. F. *et al.* (Ed.). **Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso**. São Paulo: Instituto de Botânica, São Paulo, 1991. v. 1, 184 p.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1991. 377 p.
- CHIEA, S. C. Flora fanerogâmica da reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo – Brasil). **Hoehnea**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 127-151, 1990.
- CLAUSING, G.; RENNER, S. S. Molecular phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae: implications for character evolution. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 88, n. 3, p. 486-498, 2001.
- COGNIAUX, A. Melastomaceae. In: MARTIUS, C. F. P. de (Ed.). **Flora brasiliensis**. New York: Wheldon & Wesley, 1883-1885. v. 14, pt. 3, p. 1-510.
- _____. Melastomaceae. In: MARTIUS, C. F. P. de (Ed.). **Flora brasiliensis**. New York: Wheldon & Wesley, 1886-1888. v. 14, pt. 4, p. 1-656.
- _____. Melastomaceae. In: CANDOLLE, A. L. P. P.; CANDOLLE, A. C. P. (Ed.). **Monographiae Phanerogamarum**. Paris: G. Masson, 1891. v. 7, p. 1-1256.
- DOMINGOS, M. **Biomonitoramento da fitotoxicidade da poluição aérea e da contaminação do solo na região do complexo industrial de Cubatão, São Paulo, utilizando *T. pulchra* Cogn. como espécie indicadora**. 1998. 216 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GARCIA, R. J. F. **Estudo florístico dos campos alto-montanos e matas nebulares do Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu, São Paulo, SP, Brasil**. 2003. 356 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GARCIA, R. J. F.; PIRANI, J. R. Análise florística, ecológica e fitogeográfica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos junto à crista da Serra do Mar. **Hoehnea**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1-48, 2005.
- GUIMARÃES, P. J. F. **Estudos taxonômicos de *Tibouchina* sect. *Pleuroma* (D. Don) Cogn. (Melastomataceae)**. 1997. 98 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- HOEHNE, F. C.; KUHLMANN, M.; HANDRO, O. **O Jardim Botânico de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, Departamento de Botânica do Estado, 1941. 656 p.
- LORENZI, H. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. São Paulo: Plantarum, 2001. 1088 p.
- MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das angiospermas – Myrtales**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 304 p.

SILVA, C. V. da; AFFONSO, P. Levantamento de *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Curucutu – São Paulo.

MEDEIROS, J. D. **Anatomia e embriologia de *Miconia cabucu* Hoehne (1933) (Melastomataceae – Miconieae)**. 1993. 152 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

WURDACK, J. J. Melastomataceae of Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, v. 14, n. 14, p. 109-217, 1962.

NOGUEIRA, S. M. B. **Análise da suscetibilidade ambiental e diretrizes para o zoneamento do Núcleo Curucutu do Parque Estadual da Serra do Mar (SP)**. 2001. 247 f. Dissertação (Mestrado em Organização do Espaço) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

PERALTA, P. Las especies del género *Tibouchina* (Melastomataceae) en Argentina. **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 40, n. 1-4, p. 107-120, 2002.

PEREIRA, E. Flora do Estado da Guanabara III (Melastomataceae I – *Tibouchineae*). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, p. 891, 1960.

POMPÉIA, S. L. *et al.* Comportamento dos manacás-da-serra (*Tibouchina* sp) semeados por via aérea em Cubatão. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 506-512. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 2, 1992).

RAMBO, B. Geografia das Melastomatáceas riograndenses. **Pesquisas**, São Leopoldo, v. 22, p. 1-48, 1958.

RENNER, S. S. Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. **Nordic Journal of Botany**, Copenhagen, v. 13, p. 519-540, 1993.

ROMERO, R. **A família Melastomataceae na planície litorânea de Picinguaba, Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba, SP**. 1993. 178 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.

ROMERO, R.; MARTINS, A. Melastomataceae do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. **Rev. Brasil. Bot.**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 19-24, 2002.

SOUZA, M. L. D. R. Estudo taxonômico do gênero *Tibouchina* Aubl. (Melastomataceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Insula**, Florianópolis, v. 16, p. 3-109, 1986.

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE ÁRVORES DE SETE ANOS DE IDADE, ORIGINADAS DE ESTACAS E SEMENTES DE *Pinus radiata* D. DON, PROVENIENTES DE GERAÇÃO AVANÇADA DE MELHORAMENTO¹

Freddy MORA²
Adilson DEITOS²
Emmanuel ARNHOLD³
Thatiana Silva DANDOLINI⁴

RESUMO

Árvores originadas de estacas enraizadas de *Pinus radiata* D. Don provenientes de ortets de um ano de idade foram comparadas com árvores provenientes de sementes em dois locais do Sul do Chile, aos sete anos de idade, para as características de altura, diâmetro e volume, e baseado em uma avaliação subjetiva para diâmetro dos galhos e retidão do tronco. Em geral, as árvores originadas de estacas cresceram tanto quanto as árvores provenientes de sementes e demonstraram vantagens em relação à retidão do tronco e menor diâmetro de galhos. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos de árvores para todas as características avaliadas. Até o presente momento, tais resultados indicam que a produção de plantas via estacas enraizadas pode ser um método útil para estabelecimento de plantações comerciais da espécie.

Palavras-chave: árvores de sementes; estacas enraizadas; crescimento; *Pinus radiata*.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as principais empresas florestais do Chile estão orientando suas linhas de atuação para pesquisa e desenvolvimento de propágulos vegetativos visando ao estabelecimento de suas futuras plantações de pino, acácia, eucalipto e outras espécies.

Pinus radiata D. Don tem-se transformado na espécie exótica de maior interesse comercial do Chile, devido à sua capacidade de adaptação a diversos ambientes com resultados favoráveis de crescimento (Turner & Lambert, 1986). Essa capacidade de se adaptar a diversos tipos de climas e solos ainda não foi estudada em detalhe, porém é muito provável que essa aptidão seja devido à plasticidade genética inerente que essa espécie possui.

ABSTRACT

Pinus radiata D. Don rooted cuttings trees from one-year-old ortets were compared with seedlings at two sites in southern Chile, at seven years old, for total height, stem diameter, stem volume, and a subjective assessment for stem straightness and relative diameter of the branches. In general, cuttings from one-year-old donor trees grew as tall as or taller than the seedlings, and demonstrated advantageous characteristics such as superior stem straightness and small relative diameter of the branches, compared with seedlings of equivalent genetic quality. Nevertheless, no differences were found between stock types in any of measured characteristics at seven years after establishment. At the moment, with these results, plants production via rooted cuttings can be an useful method for establishment of *Pinus radiata* operational plantation.

Key words: seedling trees; rooted cuttings; growth; *Pinus radiata*

As empresas, tradicionalmente, têm estabelecido suas plantações por meio de plantas provenientes de propagação via sementes, porém nos últimos anos têm aumentado o interesse por propagar, de forma intensiva, clones com comprovado desempenho superior, com o objetivo de obter a máxima produção. A propagação vegetativa é usada na silvicultura para diversos propósitos. Esses podem ser resumidos da seguinte maneira: (1) preservar genótipos por meio do uso de bancos clonais; (2) multiplicar genótipos desejados para usos especiais nos pomares operacionais de semente; (3) avaliar genótipos e suas interações com o ambiente por meio de ensaios clonais, e (4) maximizar o ganho genético, quando a propagação vegetativa é usada nos programas operacionais de plantio (Zobel & Talbert, 1984).

(1) Aceito para a publicação em dezembro de 2005.

(2) Doutorando em Genética e Melhoramento. Universidade Estadual de Maringá - UEM. Av. Colombo, 5790 Bloco 05, Sala 01, 87020-900. Maringá, PR, Brasil. E-mail: fmora@universiabrasil.net

(3) Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas pela UFV.

(4) Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas pela UEM.

Esse propósito serve de motivação para que as empresas florestais utilizem essa técnica de propagação no estabelecimento de suas plantações comerciais. Outra vantagem potencial que o método possui nas plantações florestais é a obtenção de um cultivo mais uniforme com oportunidade de obter resultados mais rápidos no melhoramento de árvores (Zobel & Talbert, 1984). O uso da propagação vegetativa para reflorestamento pode ser útil somente se o método não tem efeitos adversos no desenvolvimento dos propágulos dentro do local (Karlsson & Russell, 1990).

Estudos de Carson (1986) demonstram que os métodos de propagação influenciam os custos de produção, embora seja muito provável que as qualidades genéticas sejam o fator principal que interfira na seleção do método. O presente estudo está baseado em análises de crescimento de um grupo de famílias de *Pinus radiata* a partir de dois experimentos localizados nas regiões VIII e IX do Chile. Este estudo avalia os benefícios esperados ao usar enraizamento de estacas originadas de famílias de irmãos-completos, na comparação com os benefícios obtidos utilizando plantas provenientes de semente de origem genética similar.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Origem Genética das Estacas Enraizadas e Sementes

As estacas enraizadas foram obtidas a partir de ortet de um ano de idade, os quais provêm de polinização controlada do pomar de sementes de *Pinus radiata*, de propriedade da empresa Florestal Mininco S.A. Essas estacas foram enraizadas sob condições ambientais controladas e com um ano de desenvolvimento foram transplantadas no campo para avaliação. As plantas originadas de semente provêm do mesmo pomar de sementes. Realizou-se semeadura ao mesmo tempo em que se obtiveram as estacas, sendo em seguida levadas a campo simultaneamente. Dez árvores parentais foram avaliadas do pomar de sementes, dando origem a cinco famílias de polinização controlada. Os experimentos foram estabelecidos no ano de 1990 nos locais Angol, Província de Malleco, IX Região administrativa do Chile (37°31' latitude; 72°51' longitude; altitude média de 850 m; 934 mm de precipitação média anual;

solos com textura franca argilosa) e Nascimento, Província de Bío-Bío, VIII Região (37°24' latitude; 72°11' longitude; altitude média de 186 m; 1.093 mm de precipitação média anual; solos com textura franca). Para detalhes do manejo aplicado às árvores ver Bilabel (1998).

2.2 Análise Comparativa do Crescimento

As árvores provenientes de sementes (*seedlings*) e estacas (*cuttings*) de origem genética semelhante foram avaliadas aos sete anos de idade, em função do crescimento em altura (H7), diâmetro (D7) e volume (V7). Em ambos os locais foi realizada uma análise comparativa entre as árvores originadas de estacas e de sementes com qualidade genética equivalente (provenientes do mesmo pomar de sementes de polinização controlada). Para o cálculo do volume foi utilizada a fórmula sugerida pela empresa, a qual possui a seguinte expressão:

$$V7 = (\pi/4 * DAP^2 * 1,3 + \pi/12 * DAP^2 * (H - 1,3))/10.000$$

Em que DAP e H representam o diâmetro à altura do peito (em cm), cerca de 130 cm do solo, e altura total da árvore (em metros), respectivamente. V representa o volume em m³.

2.3 Taxa de Crescimento Relativo da Altura

Foi estimada a taxa de crescimento relativo da altura (TCR) para o período de 1992-1997 nas plantas originadas de sementes e estacas enraizadas, e posteriormente estas foram comparadas. A estimativa da taxa de crescimento relativo permite minimizar as possíveis diferenças no tamanho inicial entre as árvores originadas de estacas e as árvores originadas de sementes. TCR é definida como o incremento no tamanho por unidade de medida e pela unidade de tempo, sendo calculado a partir da seguinte expressão:

$$TCR = \frac{\text{Log}_e S_2 - \text{Log}_e S_1}{t_2 - t_1}$$

Em que S₂ e S₁ são os tamanhos das plantas e t₂ e t₁ são os tempos medidos nos períodos dois e um, respectivamente. A unidade para taxa de crescimento é m/m/ano.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

2.4 Retidão do Tronco e Diâmetro dos Galhos

Em ambos os locais foi realizada uma análise comparativa, em função das características retidão do tronco e diâmetro relativo dos galhos, entre as árvores originadas de estacas e sementes. As medições foram feitas aos sete anos de idade, baseadas em uma avaliação similar à efetuada por Sweet & Wells (1974).

2.5 Análise de Variância

Foi realizada uma análise de variância para cada característica descrita anteriormente. Utilizou-se o procedimento GLM (*general linear model*) do SAS ® 6.12 (SAS Institute, 1996). O modelo linear utilizado foi seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + F(T)_{ij} + B_k + (T * B)_{ik} + (F(T) * B)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que Y_{ijkl} representa o valor observado da l -ésima planta do i -ésimo tipo (sementes ou estacas) no k -ésimo bloco, μ é a média total, T_i representa o efeito do i -ésimo tipo, $F(T)_{ij}$ representa o efeito da j -ésima família dentro do i -ésimo tipo,

B_k representa o efeito do k -ésimo bloco, $(TxB)_{ik}$ representa o efeito da interação tipo-bloco, $(F(T)xB)_{ijk}$ representa o efeito da interação família-bloco, e_{ijkl} representa o efeito residual. Todas as fontes de variação foram consideradas de efeitos fixos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento em Altura, Diâmetro e Volume

Os valores médios da altura, diâmetro e volume das árvores originadas a partir de sementes ou estacas de origem genética equivalente, são apresentados na TABELA 1. As árvores que tem origem via propagação vegetativa apresentaram um valor médio levemente maior no local de Angol e levemente inferior no local de Nascimento, para os três caracteres de interesse aos sete anos de idade. Contudo, essas diferenças não foram significativas ao nível de 1% de probabilidade. A TABELA 2 mostra os resultados do teste de hipóteses para cada fonte de variação do modelo linear proposto para este estudo.

TABELA 1 – Crescimento médio das árvores originadas de estacas (E) e provenientes de sementes (S) de *Pinus radiata* avaliadas aos sete anos de idade.

Caráter	Angol				Nascimento			
	S	cv	E	cv	S	cv	E	cv
Altura (m)	9,93	9,48	10,17	8,06	10,75	9,14	10,38	10,78
Diâmetro (cm)	17,78	9,25	18,2	8,12	14,0	11,66	13,4	12,52
Volume (m ³)	0,105	24,44	0,112	23,13	0,069	27,33	0,063	29,99

Obs.: cv = coeficiente de variação em %.

TABELA 2 – Resultados do teste de hipótese (F) do procedimento GLM do SAS®, para as fontes de variação do modelo linear de efeitos fixos.

Fonte de Variação	Angol			Nascimento		
	H7	D7	V7	H7	D7	V7
Tipo (T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Família (F(T))	**	**	**	**	ns	ns
T * B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F(T) * B	**	ns	ns	**	**	**

(**) $p < 0,01$

(ns) não significativa.

Karlsson & Russell (1990) não encontraram diferenças significativas entre árvores originadas de estacas e famílias de polinização aberta de *Chamaecyparis* spp., na altura e diâmetro aos onze anos de idade. Todavia, constataram que estacas originadas de árvores de um ano de idade foram significativamente mais altas que as estacas provenientes de ortets de três e sete anos de idade. Diversos autores têm demonstrado que o crescimento das estacas enraizadas decresce com o incremento da idade do ortet (Sweet, 1972; Sweet & Wells, 1974; Greenwood & Nussbaum, 1981; Roulund, 1981; Greenwood, 1984; Foster *et al.*, 1987; todos em Karlsson & Russell, 1990). Esta tendência, expressada pelos propágulos vegetativos, é chamada efeito de maturação do ortet, sendo de considerável interesse nos estudos de propagação vegetativa, pois pode influir nos resultados finais da avaliação de caracteres quantitativos (Zobel & Talbert, 1984). Neste estudo não foi possível quantificar as diferenças devidas à idade do ortet, pois todos os propágulos vegetativos foram originados a partir de indivíduos de igual idade (um ano) e, portanto, com mínimo efeito de maturação do ortet. Sweet (1973) mostrou que o uso de estacas velhas para plantações de *Pinus radiata* pode, durante os três primeiros anos de crescimento, reduzir o diâmetro do tronco em 20% e o volume em 40%, comparado com o material juvenil. Holden *et al.* (1995) afirmam que a propagação por estacas possui muitas vantagens óbvias, porém, também apresenta desvantagens em relação ao grau de dependência com a idade do ortet. Esses pesquisadores também descreve que a idade ótima do ortet do *Pinus radiata* é de três anos, em que muitas das vantagens fisiológicas das estacas podem ser obtidas sem incorrer em desvantagens que são aparentes com incremento da idade do ortet.

Holden *et al.* (1995) observaram que as estacas provenientes de árvores de três anos de idade crescem tanto quanto árvores originadas de sementes, podendo até superar seu crescimento em uma plantação de *Pinus radiata* de sete anos de idade. As árvores provenientes de estacas, avaliadas neste estudo, mostraram um crescimento satisfatório em comparação com as árvores originadas de sementes de origem genética equivalente.

Na Nova Zelândia, diversos estudos foram realizados com *Pinus radiata* para determinar a idade adequada do ortet que permita minimizar os efeitos adversos de maturação. Ortet de três anos de idade foram considerados ótimos, porque as estacas apresentaram uma porcentagem aceitável de enraizamento (próximo a 80%) (Thulin & Faulds *apud* Holden *et al.* (1995)). Karlsson & Russell (1990) demonstram que a condição da estaca enraizada no plantio é um fator que não deveria ser subestimado. Sweet & Wells (1974) comprovaram que o crescimento das estacas de *Pinus radiata* é influenciado pelo vigor dos propágulos na ocasião do plantio. Essa qualidade inicial afeta o crescimento das plantas por um ou mais anos dentro do local. Foster *et al.* (1986) também demonstraram que a condição das estacas no momento do plantio possui grande impacto subsequente ao estabelecimento e crescimento das estacas enraizadas. Neste experimento os propágulos vegetativos exibiram um crescimento aceitável devido, em parte, às condições similares do vigor e tamanho que tiveram as plantas e estacas no plantio. A análise de variância rejeitou a hipótese nula para o efeito da família dentro do tipo (F(T)ij, TABELA 2), para os caracteres altura, diâmetro e volume no local de Angol, e apenas para altura no local de Nascimento. Burdon *et al.* (1992) encontraram diferenças altamente significativas entre famílias originadas de polinização aberta de *Pinus radiata*, em um ensaio de progênie de oito anos de idade. Holden *et al.* (1995) avaliaram 11 ensaios de propagação vegetativa de *Pinus radiata* e concluíram que as árvores originadas de estacas cresceram tanto como as árvores de sementes com origem genética equivalente. A taxa de crescimento relativo, ou TCR, permite comparar as diferenças pré-existentes no tamanho das plantas (Sweet & Wells, 1974). Os valores médios da taxa de crescimento relativos ao período 1992-97 são mostrados na TABELA 3, para ambos os tipos de plantas e locais. A análise de variância não revelou diferenças significativas entre as árvores que cresceram via estacas ou sementes. Sweet & Wells (1974) observaram que as árvores originadas de sementes incrementaram sua taxa de crescimento muito mais rapidamente que os propágulos vegetativos de *Pinus radiata*, nos primeiros anos após o plantio.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

Sweet (1973), em avaliações de uma plantação com três anos de idade de *Pinus radiata*, realizadas em um ensaio montado especialmente para comparar as taxas de crescimento entre plantas originadas de sementes e estacas obtidas de árvores de idades diferentes, mostrou que os propágulos juvenis (estacas obtidas de ortet de seis anos de idade) diferiram amplamente em crescimento e forma dos propágulos velhos (enxertos de estacas provenientes de ortet mais velhos), sugerindo que o desenvolvimento de estacas enraizadas, em comparação com plantas originadas de semente, possui uma correlação com a idade do ortet. As plantas originadas de estacas, que foram avaliadas neste estudo, mostraram uma taxa de crescimento similar àquelas originadas por sementes, devido, provavelmente, ao seu estado juvenil no momento do plantio (um ano de idade fisiológica) com um efeito de maturação mínimo. A taxa de crescimento relativo varia no decorrer do desenvolvimento da árvore por efeito da maturação do indivíduo ou porque os fatores ambientais não permanecem constantes (Medina, 1977). Segundo Lambeth *et al.* (1994), a taxa de crescimento médio depende da qualidade do plantio, condições de tempo atmosférico posterior ao plantio e controle de enfermidades. O amplo intervalo de tempo entre uma medição e outra não permite interpretar o padrão de incremento real anual do período de crescimento dos cinco anos.

Contudo, essas taxas de crescimento permitem observar o incremento no tamanho médio do período estudado. Em estudo similar com *Pinus radiata*, Shelbourne & Thulin (1974), Sweet (1973) e Sweet & Wells (1974) utilizaram taxas de crescimento relativo com intervalos de um e dois anos.

Retidão do tronco e diâmetro dos galhos

A TABELA 3 mostra os valores médios da avaliação subjetiva realizada para os caracteres retidão do tronco e diâmetro dos galhos, para os dois tipos de propagação e experimentos. Em ambos os locais, as árvores originadas de estacas tiveram uma média superior em retidão do tronco e diâmetro dos galhos. Porém, essas diferenças não foram significativas, estatisticamente, ao nível de 1% de probabilidade. Fielding (1970) avaliou ensaios de propagação vegetativa de *Pinus radiata* usando estacas provenientes de ortet de 5 a 24 anos de idade, e verificou que as árvores que crescem via estacas têm um tronco mais reto e diâmetro dos galhos menores que as árvores que crescem via sementes, com uma idade equivalente depois do plantio. Pesquisa realizada por Sweet & Wells (1974) demonstrou que árvores originadas de sementes de *Pinus radiata* tiveram troncos menores e menos retos que a maioria dos propágulos vegetativos.

TABELA 3 – Valores médios da taxa de crescimento relativo da altura (TCR), retidão do tronco (RT) e diâmetro dos galhos (DG) por local e tipo de propagação.

Tipo de propagação	Angol			Nascimento		
	TCR	RT	DG	TCR	RT	DG
Estacas	0,33	1,92	2,43	0,41	3,06	2,95
Sementes	0,34	1,76	2,28	0,41	2,94	2,84

Klomp & Hong (1985) comprovaram que as árvores de *Pinus radiata* que crescem a partir de estacas possuem vantagens tais como: menor malformação e uma frequência maior de troncos aceitáveis em comparação a plantas que crescem generativamente. Porém, Zobel & Talbert (1984) afirmam que o principal problema que ocorre quando se trabalha com propágulos vegetativos, é que estes freqüentemente crescem de maneira desigual, dependendo de sua origem e da idade do ortet.

O termo ciclofisis é aplicado aos efeitos da idade e topofisis aos efeitos da origem (Libby, 1974). Os propágulos vegetativos avaliados neste estudo possuem um efeito de topofisis depreciável, devido, provavelmente, à sua curta idade fisiológica. Burdon & Shelbourne (1974) recomendam utilizar árvores provenientes quando ainda são jovens para a obtenção de propágulos vegetativos, pois estes tendem a eliminar os efeitos adversos devidos a topofisis.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, as árvores que cresceram via estacas, originadas de ortets de um ano de idade, apresentaram características semelhantes às árvores provenientes de sementes, em retidão do tronco e diâmetro relativo dos galhos. Também os propágulos vegetativos exibiram um crescimento satisfatório, igualando ou até mesmo superando o crescimento mostrado pelas árvores originadas de sementes de qualidade genética equivalente.

A produção de plantas via estacas enraizadas, provenientes de árvores de geração avançada, pode ser um método adequado para o estabelecimento de plantações comerciais de *Pinus radiata*, pois permite transferir integralmente as características desejáveis dos indivíduos superiores, característica particular da propagação vegetativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BILABEL, P. Interacción genotipo x ambiente en progenies de *Pinus radiata* D. Don, originadas a través de polinización controlada. 1998. 47 f. Tesis (Licenciatura en Ciencias Forestales) - Universidad de Talca, Talca.
- BORRALHO, N. M. G.; COTIERILL, P. P.; KANOWSKI, P. J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal. II. Efficiencies of early selection. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 41, n. 2, p.70-77, 1992.
- BURDON, R. D.; SHELBORNE, C. J. A. The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 4, p. 418-425, 1974.
- _____.; BANNISTER, M. H; LOW, C. B. Variance structures and heritabilities in juvenile clones. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 4, p. 187-210, 1992.
- CARSON, M. J. Advantages of clonal forestry for *Pinus radiata*. Real or imagined. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 16, p. 403-415, 1986.
- FIELDING, H. Trees grown from cutting compared with trees grown from seed (*Pinus radiata* D. Don). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 19, p. 54-63, 1970.
- FOSTER, G. S. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. **Forest Science**, Washington, D.C., v. 32, p. 944-959, 1986.
- HOLDEN, D.G. *et al.* Growth and predicted value of *Pinus radiata* cuttings and seedlings on a fertile farm site. **New Zealand Journal of Forestry Science**, Rotorua, v. 25, p. 283-300, 1995.
- KARLSSON, L; RUSSELL, J. Comparisons of yellow cypress trees of seedlings and rooted cuttings origins after 9 and 11 years in the field. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 20, p.37-42, 1990.
- KLOMP, B. K.; HONG S.O. Performance of *Pinus radiata* seedlings and cuttings to age 15 years. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 15, p. 281-297, 1985.
- LAMBETH, C., ENDO, M.; WRIGHT, J. Genetic analysis of 16 clonal trials of *Eucalyptus grandis* and comparisons with seedling checks. **Forest Science**, Washington, v. 4, p. 397-411, 1994.
- LIBBY, W .J. The use of vegetative propagules in forest genetics and tree improvement. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 4, p. 440-447, 1974.
- MEDINA, E. **Introducción a la ecofisiología vegetal**. Washington, D.C.: OEA, 1977. 97 p.
- SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide**. Release 6.12. Cary: SAS Institute, 1996. 956 p.
- SHELBORNE, C. J. A.; THULIN, I. J. Early results from a clonal selection and testing programme with radiata pine. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 4, p. 387-398, 1974.
- SWEET, G. B. The effect of maturation on the growth and form of vegetative propagules of radiata pine. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 3, p. 191-210, 1973.
- _____.; WELLS, L. G. Comparison of the growth of vegetative propagules and seedlings of *Pinus radiata*. **New Zealand Journal Forestry Science**, Rotorua, v. 4, p.3 99-409, 1974.

MORA, F. *et al.* Análise do crescimento de árvores de sete anos de idade, originadas de estacas e sementes de *Pinus radiata* D. Don, provenientes de geração avançada de melhoramento.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrition and nutritional relationships of *Pinus radiata*. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v. 17, p. 325-350, 1986.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 505 p.