

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS  
VEGETAIS

EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE MANEJO  
SIMULADAS SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE UMA  
POPULAÇÃO NATURAL DE PALMITEIRO  
(*Euterpe edulis* MARTIUS)

JULIANO ZAGO DA SILVA

FLORIANÓPOLIS  
Santa Catarina – Brasil  
Junho - 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS  
VEGETAIS

JULIANO ZAGO DA SILVA

EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE MANEJO  
SIMULADAS SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE UMA  
POPULAÇÃO NATURAL DE PALMITEIRO  
(*Euterpe edulis* MARTIUS)

ORIENTADOR – Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de  
Santa Catarina, para obtenção  
do título de Mestre em  
Recursos Genéticos Vegetais

FLORIANÓPOLIS  
Santa Catarina – Brasil  
Junho - 2004  
30/06/2004



*Dedico este trabalho  
ao meu orientador, pais e futura esposa,  
por muito mais que apoio e incentivo,  
não só na construção deste trabalho  
como de minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma auxiliaram-me na execução deste trabalho. Em especial:

Ao Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis, pela orientação deste trabalho e iniciação científica durante a graduação, e acima de tudo pela amizade e grandiosa dedicação que tem dado a minha formação;

A Universidade Federal de Santa Catarina, em especial a coordenadoria do Curso de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, pela oportunidade de obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais;

Ao IBAMA em especial ao pessoal da FLONA de Ibirama, Alexandro Pires e Marcela Xavier Machado, pela disponibilidade da área onde este trabalho foi realizado;

Ao Fundo Nacional do Meio Ambiente e ao Projeto Rede Semente Sul, pela bolsa de pesquisa;

Ao Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal, por ter viabilizado a realização das corridas de eletroforese;

Ao Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento deste trabalho;

A Marjorie Marla B. de Macedo, minha noiva, pelo apoio e incentivo nos momentos mais desgastantes deste trabalho.

Aos colegas e amigos Ângelo Puchalski, Marcelo Mantovani, Diogo Klock, Ricardo Bittencourt e Cristiano M. Raimundo, pelo valoroso empenho nas coletas de campo;

Ao Dr. Rudimar Conte, pelos seus ensinamentos sobre eletroforese de isoenzimas.

Aos amigos Isabela Shimitt Berkenbrock, Juliana Márcia Rogalski, Alexandre Siminski, Roberto Tarazi, Diogo Klock, Ricardo Bittencourt e Cristiano M. Raimundo, pelo auxílio nas corridas de eletroforese.

A Roberto Tarazi, pela ajuda com a tradução para o inglês.

Aos meus pais e irmãos, pelo suporte financeiro e por almejem a minha formação profissional.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b>	v
<b>SUMÁRIO</b>	vi
<b>LISTA DE TABELAS</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>RESUMO</b>	xiv
<b>SUMMARY</b>	xvi
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2. OBJETIVO GERAL</b>	3
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	3
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
4.1. Características da espécie	4
4.2. Diversidade genética em plantas	6
4.3. Manejo de populações naturais e conseqüências genéticas da redução do tamanho efetivo populacional	8
4.3. Características da população de palmitreiro na FLONA de Ibirama - SC	12
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	14
5.1. Local de estudo	14
5.2. Metodologia de amostragem	17
5.3. Caracterização da diversidade genética	17
5.4. Análise dos resultados	18
5.4.1. Efeito da alteração do número de matrizes remanescentes	18
5.4.2. Caracterização da variação genética	19
5.4.2.1. Estimativa das freqüências alélicas	20
5.4.2.2. Índices de diversidade	20
5.4.2.3. Risco de redução da diversidade	23
5.4.2.4. Risco de redução da diversidade por loco	27

5.4.2.5. Redução média e máxima da diversidade	28
5.4.2.6. Risco de perda de alelos	30
5.4.2.7. Tamanho efetivo populacional	31
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
6.1. Caracterização genética da área de estudo	32
6.1.1. Frequências alélicas	32
6.1.2. Índices de diversidade	34
6.2. Efeito da variação no número de matrizes/ha pela simulação de diferentes intensidades de corte	40
6.2.1. Efeito nos índices de diversidade	40
6.2.2. Efeito nas frequências alélicas	59
6.3. Tamanho efetivo populacional ( $\hat{N}_e$ )	69
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>74</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>76</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>88</b>
9.1. Sistemas de revelação enzimática	88

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Índices de diversidade genética para 21 espécies vegetais da Floresta Tropical Atlântica. _____	7
<b>Tabela 02:</b> Sistemas enzimáticos empregados para <i>Euterpe edulis</i> Mart. _____	18
<b>Tabela 03:</b> Frequências alélicas de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	33
<b>Tabela 04:</b> Índices de diversidade a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	34
<b>Tabela 05:</b> Índices de diversidade por parcela a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	36
<b>Tabela 06:</b> Correlação entre os índices de diversidade obtidos por parcela, para a média de 13 locos alozímicos analisados em uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	38
<b>Tabela 07:</b> Índices de diversidade médios por intensidade de manejo a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	41
<b>Tabela 08:</b> Variação no número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	45
<b>Tabela 09:</b> Variação na porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ) (critério $p < 1$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	48
<b>Tabela 10:</b> Variação na heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	51
<b>Tabela 11:</b> Variação na heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de <i>Euterpe edulis</i> na FLONA de Ibirama-SC. _____	54



- Tabela 12:** Variação no índice de fixação ( $\hat{f}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 57
- Tabela 13:** Variação nas frequências alélicas do loco EST-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 60
- Tabela 14:** Variação nas frequências alélicas do loco EST-2 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 60
- Tabela 15:** Variação nas frequências alélicas do loco SKDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 61
- Tabela 16:** Variação nas frequências alélicas do loco PRX-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 61
- Tabela 17:** Variação nas frequências alélicas do loco 6PGDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 62
- Tabela 18:** Variação nas frequências alélicas do loco PGI em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 63
- Tabela 19:** Variação nas frequências alélicas do loco PGM em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 63
- Tabela 20:** Variação nas frequências alélicas do loco G6PDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 64
- Tabela 21:** Variação nas frequências alélicas do loco DIA-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 64

**Tabela 22:** Variação total na perda de alelos em diferentes intensidades de manejo para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 66

**Tabela 23:** Risco médio de redução de diversidade por loco e redução média da diversidade por loco em diferentes intensidades de manejo para as frequências alélicas obtidas em 9 locos polimórficos analisados em uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 69

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01:** Pirâmide demográfica (plantas por hectare) para a população de palmito na Floresta Nacional de Ibirama – SC (Conte, 1997). \_\_\_\_\_ 13
- Figura 02:** Foto aérea da FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 15
- Figura 03:** Croqui da área inventariada na FLONA de Ibirama-SC, com 38 ha, escala 1:5.000. \_\_\_\_\_ 16
- Figura 04:** Modelo utilizado na estimativa do número de reamostragens localizadas abaixo da média da população, para cada densidade de manejo simulada, para os índices: número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) e porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ). \_\_\_\_\_ 24
- Figura 05:** Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas abaixo da média da população menos o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para os índices heterozigidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e esperada ( $\hat{H}_e$ ). \_\_\_\_\_ 25
- Figura 06:** Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas acima da média da população mais o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para o índice de fixação. \_\_\_\_\_ 26
- Figura 07:** Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas acima e abaixo da média da população, somada ou diminuída, conforme o caso, do desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para as frequências alélicas de cada loco. \_\_\_\_\_ 27
- Figura 08:** Modelo utilizado na estimativa da redução média da diversidade (RMD), para os índices heterozigidade observada ( $\hat{H}_o$ ), heterozigidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) e índice de fixação ( $\hat{f}$ ), em cada densidade de manejo simulada. \_\_\_\_\_ 28
- Figura 09:** Modelo utilizado na estimativa da redução máxima da diversidade (RMXD), para os índices heterozigidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e heterozigidade esperada ( $\hat{H}_e$ ), em cada densidade de manejo simulada. \_\_\_\_\_ 29
- Figura 10:** Modelo utilizado na estimativa da redução máxima da diversidade (RMXD), para o índice de fixação, em cada densidade de manejo simulada. \_\_\_\_\_ 30
- Figura 11:** Valores da heterozigidade observada, evidenciando a manutenção da média da população nas diferentes densidades de manejo. \_\_\_\_\_ 42
- Figura 12:** Índices de diversidade médios por intensidade de manejo a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 44

- Figura 13:** Variação no número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 45
- Figura 14:** Risco de redução de diversidade e perdas na diversidade para o número médio de alelos por loco em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 46
- Figura 15:** Variação na porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ) (critério  $p < 1$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 49
- Figura 16:** Risco de redução de diversidade e perdas na diversidade para a porcentagem de locos polimórficos em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 49
- Figura 17:** Variação na heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 51
- Figura 18:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para a heterozigosidade observada em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 52
- Figura 19:** Variação na heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 54
- Figura 20:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para a heterozigosidade esperada em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 55
- Figura 21:** Variação no índice de fixação ( $\hat{f}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 57
- Figura 22:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para o índice de fixação em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 58

**Figura 23:** Variação na perda de alelos em diferentes intensidades de manejo para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 66

**Figura 24:** Risco de redução de diversidade e variação nos desvios padrões em diferentes intensidades de manejo para 9 locos polimórficos analisados em uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. \_\_\_\_\_ 68

**EFEITO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE MANEJO SIMULADAS SOBRE A DIVERSIDADE GENÉTICA DE UMA POPULAÇÃO NATURAL DE PALMITEIRO (*Euterpe edulis* MARTIUS)**

AUTOR - Eng. Agr. Juliano Zago da Silva

ORIENTADOR - Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

**RESUMO**

O palmito (*Euterpe edulis* M.) é uma espécie que vem sendo estudada como modelo para o desenvolvimento de um sistema de manejo sustentável na Floresta Tropical Atlântica, tendo em vista seu alto valor econômico, por ser a principal palmeira produtora de palmito e devido a sua forte interação com a fauna. Assim, o desenvolvimento de estudos sobre a auto-ecologia, especialmente no que se refere à dinâmica demográfica e biologia reprodutiva, são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação da espécie. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo, avaliar o impacto da alteração no número de matrizes mantidas por hectare em sistemas de manejo sustentável, em termos de perda de diversidade decorrente da alteração no tamanho efetivo populacional, a partir da simulação de diferentes intensidades de corte. Para a detecção do efeito do manejo causado pela variação do número de matrizes, primeiramente foi realizada a caracterização genética das plantas reprodutivas presentes em 24 parcelas, implantadas em uma área de 38 ha localizada na FLONA de Ibirama-SC. Na caracterização genética, foram empregados marcadores alozímicos, revelados a partir de eletroforese horizontal em gel de amido. Em cada intensidade de manejo 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha, foram realizadas 1000 reamostragens dentro do grupo total de matrizes (599), simulando a ocorrência de diferentes intensidades de corte. Assim, foi possível comparar a diversidade genética entre as diferentes intensidades de exploração e a população não manejada, pela análise dos efeitos da variação do tamanho populacional, através das alterações nas frequências alélicas, heterozigosidade, perda de alelos e aumento da endogamia. A análise dos índices de diversidade na área de estudo, revelou a ocorrência de heterogeneidades, quer seja pelo número de alelos por loco, quer seja pelo número de matrizes/ha, heterozigosidades observada e esperada ou pelos índices de fixação, sugerindo desta maneira a existência de estruturação interna na população, sendo esta provavelmente favorecida pela ocorrência de cruzamentos endogâmicos, o que justifica os níveis de endogamia encontrados (10%). A resposta dos índices genéticos estudados frente a mudanças na densidade de manejo foi variável. Índices como o número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos apresentaram maior correlação com a densidade do que as medidas de heterozigosidade observada e esperada, bem como o índice de fixação. No entanto todos os índices apresentaram a mesma tendência de redução na diversidade genética a medida em que a densidade de matrizes/ha foi reduzida. Os índices de diversidade estudados apresentaram ainda diferente sensibilidade em relação à detecção dos efeitos causados pela redução no número de matrizes/ha. O índice que se mostrou mais sensível em detectar estes efeitos foi o índice de fixação, seguido pela heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada, número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos. No que se refere às questões de manejo, os resultados indicam que as densidades de 60 matrizes/ha ou superiores são as mais indicadas quando se objetiva utilizar sustentavelmente este recurso natural; pois não apresentaram perdas de alelos e redução no número de locos polimórficos, bem como por apresentarem as menores reduções nos índices de heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada e índice de fixação. A densidade de

manejo de 50 matrizes/ha, quanto aos índices estudados, apresenta de maneira geral riscos e perdas maiores que a de 60 matrizes/ha, no entanto esta diferença é pequena, e em virtude disso, sua utilização também é recomendável. As densidades de manejo de 5 a 40 matrizes/ha, não se apresentaram indicadas, devido aos elevados valores do risco de redução da diversidade e da redução média da diversidade, apresentados pelos índices estudados. Com base nestas considerações a Resolução SMA nº 16 de 16/05/94 do Estado de São Paulo, e a Resolução nº 294 do Conama de 12/12/01 do Estado de Santa Catarina, bem como o Decreto Estadual 33.335 de 01/04/98 do Estado do Rio Grande do Sul, que estabelecem a manutenção de pelo menos 50 matrizes por hectare em planos de manejo sustentável, dão garantias de baixo risco de perdas da diversidade. No entanto, de acordo com os valores obtidos para o tamanho efetivo populacional ( $\hat{N}_e$ ), seria recomendável que estas aumentassem o número mínimo de matrizes/ha para 55, o que elevaria o tamanho efetivo populacional para 50 matrizes/ha, garantindo assim, a conservação de uma população por 10 gerações, (apenas 1 hectare manejado, com  $\hat{N}_e=50$ ), e a conservação de uma população por 100 gerações (em 100 hectares manejados com um  $\hat{N}_e=5000/100$  ha). A proposição de manutenção de cerca de 60 indivíduos reprodutivos por hectare para populações naturais sob manejo é a que se apresenta como a mais indicada, pois garante a manutenção de todos os índices estudados. Por outro lado, a Resolução IBAMA/SEMA nº 1 de 1994 do Estado do Paraná, que estabelece a permanência de 30% dos indivíduos reprodutivos na área, considerando um mínimo de 20 matrizes por hectare, apresenta maiores riscos, sendo recomendável a alteração do número mínimo de matrizes/ha para 50 ou 60, visto que a densidade de 20 matrizes/ha apresenta alto risco de perda da diversidade em praticamente todos os índices genético estudados. Os resultados obtidos evidenciam também, que o uso sustentável e a conservação genética da espécie *Euterpe edulis* são atitudes compatíveis, podendo ocorrer em uma mesma área, desde que os critérios estabelecidos para o seu manejo sejam respeitados. Além disso, os resultados evidenciam a importância de áreas com grande tamanho efetivo populacional, pois estas além de darem maiores garantias de conservação e uso, podem atuar como ilhas irradiadoras de diversidade, contribuindo para a sustentabilidade de pequenas áreas.

**EFFECT OF DIFFERENT INTENSITIES OF SIMULATE MANAGEMENT ABOUT  
THE GENETIC DIVERSITY OF A NATURAL POPULATION OF HEART-OF-  
PALM TREE (*Euterpe edulis* MARTIUS)**

AUTHOR - Eng. Agr. Juliano Zago da Silva

ADVISOR - Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis

**SUMMARY**

The heart-of-palm tree (*Euterpe edulis* M.) is being studied as a model species for the development of a sustainable management system in the Tropical Atlantic Forest, due to its high economic value, for being the main palm tree producing heart-of-palm and due to its strong interaction with the fauna. Therefore, the development of studies about the auto ecology, especially in what refers to the demographic dynamics and reproductive biology, are fundamental for the development of management strategies and conservation of the species. In this context, the objective of this work was to evaluate the impact of the variation of the number of mother trees maintained by hectare in systems of sustainable management, in terms of diversity loss due to the alteration in the effective population size, starting from the simulation of different cut intensities. For the detection of the effect of the management caused by the variation of the number of mother trees, first was accomplished the genetic characterization of the present reproductive plants in 24 plot, implanted in an area of 38 ha located in FLONA of Ibirama-SC. In the genetic characterization, allozymic markers were used, revealed from horizontal electrophoresis in starch gel. Then 1000 resamples were accomplished for each management intensity 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 150 mother trees/ha, inside of the total group of mother trees (599), simulating the occurrence of different cut intensities. This way, it was possible to compare the genetic diversity between these different exploration intensities and the non management population, for the analyzes of the effects of the variation of the populational size, through the alterations in the allele frequencies, heterozygosity, alleles loss and increase of the inbreeding. The analysis of the diversity indexes in the study area revealed the occurrence of heterogeneities, be it by the alleles number per locus, be it by the mother trees/ha number, observed and expected heterozygosity or for the fixation indexes, suggesting this way the existence of internal structuring in the population, being this probably favored by the occurrence of endogamy crossings, which justifies the levels of inbreeding found (10%). The response to the genetic indexes studied front to changes in the management density was variable. Indexes as the medium number of alleles per locos and percentage of polymorphic loci presented greater correlation with density than the measures of observed and expected heterozygosity, as well as the fixation index. However all the indexes presented the same tendency in reduction the genetic diversity of the measure in which the matrizes/ha density was reduced. The studied diversity indexes presented still different sensibility in relation to the detection of the effects caused by the reduction in the matrizes/ha number. The index which show go greatest sensibility in detecting these effects was the fixation index, proceeded by the observed heterozygosity, expected heterozygosity, medium number of alleles per locus and percentage of polymorphic loci. In what refers to management questions, the results indicate that the densities of 60 matrizes/ha or superior are the most suitable when the objective is the sustainable use of this natural resource, because they didn't present alleles losses and reduction in the number of polymorphic loci, as well as presenting the smallest reductions in the observed heterozygosity, expected heterozygosity and fixation indexes. The management



density of 50 matrizes/ha, with the studied indexes, presents in general larger risks and losses than 60 matrizes/ha, however this difference is small, and due to this, its use is also recommended. The management densities of 5 to 40 matrizes/ha, don't seem suitable, due to the high values of the reduction risk of the diversity and of the medium reduction of the diversity, presented by the studied indexes. With basis in these considerations the Resolution SMA n°16 of 16/05/94 of the State of São Paulo, and the Resolution n° 294 of Conama of 12/12/01 of the State of Santa Catarina, as well as the State decree 33.335 of 01/04/98 of the State of Rio Grande do Sul, that establish the maintenance of at least 50 mother trees per hectare in plans of sustainable management, give warranties of low risk of losses of the diversity. However, in agreement with the values obtained for the effective populational size ( $\hat{N}_e$ ), it would be advisable that these increase the minimum number of matrizes/ha to 55, that would elevate the effective populational size to 50 matrizes/ha, guaranteeing the conservation of a population for 10 generations, (just 1 hectare managed, with  $\hat{N}_e=50$ ), and the conservation of a population for 100 generations (in 100 hectares managed with a  $\hat{N}_e=5000/100$  ha). The proposition to maintain approximately 60 reproductive individuals per hectare for natural populations under management is that comes as the most suitable, because it guarantees the maintenance of all the studied indexes. On the other hand, the Resolution IBAMA/SEMA n°1 of 1994 of the State of Paraná, that establishes the permanence of 30% of the reproductive individuals in the area, considering a minimum of 20 mother trees per hectare, presents greater risk, being advisable the alteration of the minimum number of matrizes/ha for 50 or 60, because the density of 20 matrizes/ha presents high risk of loss of the diversity in practically all the studied genetic indexes. The obtained results also evidence, that the sustainable use and the genetic conservation of the specie *Euterpe edulis* are compatible situation, that can happen in a same area, since the approaches established for its handling are respected. Besides, the results evidence the importance of areas with great effective populational size, because this situation can provide more potential to conservation and use, and can act as islands diversity irradiators, contributing to the sustentabilidade of small areas.

## 1. INTRODUÇÃO

A Floresta Tropical Atlântica é um ecossistema florestal que abriga uma das maiores diversidades biológicas do planeta e tem sofrido forte degradação pela ação antrópica, restando, na forma de fragmentos florestais, apenas 8% dos 100 milhões de hectares que essa floresta cobria originalmente (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 1998). Dentre as espécies presentes na Mata Atlântica e, portanto sujeitas a esta intensa degradação, encontra-se o palmiteiro (*Euterpe edulis*), conhecido popularmente como juçara. A espécie é a principal palmeira produtora de palmito deste ecossistema, o que a tornou alvo de intensa exploração a partir da década de 60. Liderada pela indústria de conserva a exploração da espécie caracterizou-se por cortes repetidos de todos os indivíduos capazes de produzir palmito, a ponto de comprometer a sua viabilidade econômica e nem mesmo a criação de Legislações específicas nos Estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, foram capazes de reverter à situação até o momento (Fantini *et al.*, 2000).

Levando em consideração este histórico de perturbação que, ainda não deixa de ser uma realidade, o desenvolvimento de um plano de manejo sustentável, que torne possível a transformação de áreas até então consideradas improdutivas, em florestas produtivas, economicamente viáveis e equilibradas, pode ser uma alternativa para estabilizar as pressões antrópicas e assegurar o estoque que ainda nos resta.

Nesta perspectiva, o palmiteiro (*Euterpe edulis* M.) vem sendo estudado como uma espécie modelo para o manejo sustentado na Floresta Tropical Atlântica, considerando uma série de estudos relacionados principalmente à demografia, crescimento dos indivíduos e dinâmica da regeneração natural (Fantini *et al.*, 1992).

Em uma proposta de manejo em regime de rendimento sustentado, segundo Fantini *et al.* (1992), três pontos devem ser observados para garantir a sustentabilidade: a avaliação do estoque disponível; as taxas de incremento e a regeneração natural da espécie explorada. Dentre esses pontos, o conhecimento da regeneração natural aparece como fundamental, pois implica no processo de reposição do estoque extraído em projetos de manejo, o que torna evidente a necessidade de que um certo número de indivíduos, já em fase reprodutiva, permaneçam para que ocorra a reposição dos estoques, não só quantitativamente mas também qualitativamente.

Dessa forma, segundo Reis *et al.* (2000), a caracterização dos níveis de variabilidade e estruturação genética, bem como o entendimento da dinâmica de movimentação dos alelos nas populações naturais da espécie, produzem fundamentos para a maximização de estratégias

e monitoramento do processo de exploração sustentada. A preocupação principal passa a ser com o que permanece, não com o que é retirado. A sustentabilidade dos processos depende de como ficam as populações após o processo exploratório, pois estas é que permitirão a recomposição dos estoques originais ou a manutenção da diversidade genética e demográfica após a exploração. Assim, a preocupação é a manutenção dos níveis de variabilidade e, portanto, da diversidade original para a manutenção do dinamismo populacional.

Reis (1996a), a partir de seus estudos sobre a distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de palmitero, recomenda a manutenção de cerca de 60 indivíduos reprodutivos por hectare para populações naturais sob manejo, com o objetivo de manter a estrutura genética e o dinamismo demográfico da espécie *Euterpe edulis*. Por outro lado, a Resolução SMA nº 16 de 16/05/94 do Estado de São Paulo, e a Resolução nº 294 do Conama de 12/12/01 do Estado de Santa Catarina, bem como o Decreto Estadual 33.335 de 01/04/98 do Estado do Rio Grande do Sul, estabelecem a manutenção de pelo menos 50 matrizes por hectare. Ainda, a Resolução IBAMA/SEMA nº 1 de 1994 do Estado do Paraná, estabelece a permanência de 30% dos indivíduos reprodutivos na área, considerando um mínimo de 20 matrizes por hectare.

Neste contexto, este trabalho visa avaliar o impacto da variação no número de matrizes mantidas por hectare em populações de palmitero sob manejo, em termos de perda de diversidade decorrente da alteração no tamanho efetivo populacional e sua relação por área.

## 2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto da variação do número de matrizes mantidas por hectare em sistemas de manejo sustentável, em termos de perda de diversidade decorrente da alteração no tamanho efetivo populacional, a partir da simulação de diferentes intensidades de corte.

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os níveis de diversidade genética em uma população natural de palmitero (*Euterpe edulis* Martius) na Floresta Nacional de Ibirama – SC, a partir de locos alozímicos;
- Quantificar o tamanho efetivo de endogamia na população estudada;
- Avaliar o impacto de diferentes intensidades de exploração sobre a diversidade genética de *Euterpe edulis*.
- Determinar o número de árvores matrizes de *Euterpe edulis* a serem mantidas por hectare, para que o impacto do manejo seja mínimo sobre a diversidade genética

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Características da espécie

O palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) é uma espécie da família **Palmae** nativa da Mata Atlântica do Brasil, que apresenta alto valor econômico por ser a principal palmeira produtora de palmito desta região. A espécie apresentava originalmente vasta e expressiva distribuição em quase toda a zona da mata pluvial da encosta atlântica, atingindo até as altitudes de 600 a 700 metros, sobretudo quando próximas à costa. Atualmente, devido à exploração intensiva, sua ocorrência natural se resume a relictos florestais (Reis *et al.*, 2000).

*Euterpe edulis* é classificado como espécie climática de caráter umbrófilo, instalando-se na floresta no estágio sucessional denominado de **miconietum** (Klein, 1980), e sua principal forma de dispersão se dá por animais (dispersão zoocórica) (Reis *et al.*, 1995). Em locais que não tenham sido explorados, o palmitreiro ocupa o estrato médio da floresta e representa uma das espécies arbóreas mais abundantes.

Veloso e Klein (1957, 1959) já apontavam o palmitreiro como a espécie mais abundante no estrato médio da Floresta Ombrófila Densa, com valores de até 1.000 indivíduos por hectare com altura superior a 1,5 m. Mais recentemente, outros estudos comprovam esse comportamento através de dados demográficos da espécie (Negreiros, 1982; Nodari *et al.*, 1987; Reis *et al.*, 1989; 2000).

Os frutos do palmitreiro exercem grande atração sobre a fauna, principalmente quando maduros, e sua oferta dura quase o ano inteiro. Desta forma, tem sido entendida como uma espécie chave dentro do ecossistema florestal (Reis *et al.*, 1992a). O palmitreiro promove ainda, o aumento do zoocorismo em áreas de florestas secundárias e como consequência, aumenta o fluxo de propágulos entre os relictos florestais, acelerando o processo de sucessão.

A regeneração natural do palmitreiro é caracterizada pela estratégia de banco de plântulas, o qual pode sofrer grande variação conforme o decorrer dos anos, principalmente devido à variação na produtividade de sementes e taxa de mortalidade. Adicionalmente ao banco de plântulas, também têm sido constatadas variações na velocidade inicial de germinação, indicando a existência de mecanismos que favorecem a entrada gradual de indivíduos no banco de plântulas, ou seja, ocorre à formação de um banco passageiro de sementes, com duração inferior a um ano (Reis *et al.*, 1992b). No entanto, Reis *et al.* (1989) e Conte *et al.* (2000) mencionam que as plântulas oriundas da produção de sementes de cada ano apresentam uma drástica redução ao longo dos anos. Essa redução pode representar

valores acima de 80% de mortalidade, sendo que as plantas remanescentes podem ser recrutadas em diferentes épocas.

A espécie apresenta alta diversidade genética dentro das populações naturais, com níveis de divergência interpopulacionais pouco pronunciados. A taxa de cruzamento obtida através de marcadores alozímicos (Reis, 1996b) e microssatélites (Gaiotto *et al.* 2000; Conte, 2004) se aproxima de 1,0, o que demonstra que as características reprodutivas da espécie favorecem a alogamia.

O conhecimento da dinâmica da regeneração natural do palmitreiro, principalmente o entendimento dos fatores que predispõem as plantas ao recrutamento (definido aqui como a passagem para uma classe de altura subsequente) ou a sua eliminação (mortalidade), é muito importante em um sistema de manejo, pois têm implicações nas práticas a serem utilizadas e também na economicidade da exploração. Esse conhecimento permite uma previsão do impacto causado pela intervenção na floresta, especialmente ao que se refere à possibilidade de reposição dos estoques. Essa reposição é dependente da quantidade de porta-sementes, responsável pela manutenção do banco de plântulas, assim como ao processo de recrutamento das plantas para as categorias superiores (Conte, 2001).

Estudos de Reis (1996a), Reis *et al.* (1998) e Conte (2001), verificaram aumento nos níveis de heterozigosidade na passagem da fase de plântula para as classes adultas, estando este comportamento relacionado à alta taxa de mortalidade encontrada nas primeiras categorias. Estes autores sugerem que o processo de recrutamento para a espécie esteja vinculado a aspectos genéticos, como a seleção de heterozigotos, o que destaca a importância da definição de um grupo de matrizes mínimo, capaz de suprir as necessidades de diversidade genética para o contínuo recrutamento da regeneração natural e evolução da espécie.

## 4.2. Diversidade genética em plantas

O conceito de diversidade gênica refere-se ao nível de heterozigosidade máxima potencial ( $\hat{H}_e$ ) de uma população de cruzamentos ao acaso (panmítica), obtido de suas frequências alélicas. Desta forma, independe de efeitos de migração, seleção, mutação, ou sistema reprodutivo, o que permite estabelecer uma idéia do nível de variação genética em uma população de uma determinada espécie (Nei, 1973 e Reis, 1996a).

Além da heterozigosidade, Reis (1996b) destaca a percentagem de locos polimórficos e o número médio de alelos por loco como índices de diversidade em populações naturais, no sentido de caracterizar e comparar os níveis de variação genética nestas populações.

A distribuição da variabilidade genética natural pode ser influenciada por vários fatores, tais como: sistema reprodutivo, taxa de cruzamento, tamanho efetivo populacional, distribuição geográfica e fluxo gênico através da dispersão de pólen e sementes (Hamrick, 1983). De maneira geral, tem sido observado que espécies de ampla distribuição geográfica, vida longa, com reprodução principalmente por fecundação cruzada (alógama) e dispersão de sementes por animais apresentam maiores níveis de variação genética que espécies com outras combinações de características (Hamrick & Godt, 1989).

O sistema reprodutivo e a distribuição geográfica das espécies, segundo Hamrick *et al.* (1992), são os fatores mais diretamente associados aos níveis de diversidade e distribuição desta, entre e dentro de populações. Nas espécies arbóreas da floresta tropical, é maior o nível de diversidade genética dentro de populações do que entre populações e o sistema de cruzamento é predominantemente misto (Hamrick & Godt, 1990). Kageyama *et al.* (2003a), estudando seis espécies da Mata Atlântica, em 13 locais de ocorrência, observaram que mais de 85% da variabilidade genética estava distribuída dentro das populações. A análise de 653 estudos da diversidade gênica medida por isoenzimas, incluindo 449 espécies vegetais de 165 gêneros, conclui que, em média as plantas apresentam polimorfismo em 50,5% dos locos, heterozigosidade média esperada de 0,149, 1,96 alelos por loco e divergência média ( $G_{ST}$ ) de 20% entre populações (Hamrick e Godt 1990).

Em espécies tropicais a heterozigosidade média ( $\hat{H}_e$ ) de 38 espécies foi de 0,191, com 57,9% de locos polimórficos (Hamrick *et al.*, 1992). Para espécies da Floresta Tropical Atlântica (Tabela 01), os resultados obtidos por diversos autores, revelaram variações expressivas nos níveis de diversidade genética, bem como, no que se refere à porcentagem de locos polimórficos e número médio de alelos por loco.

**Tabela 01:** Índices de diversidade genética para 21 espécies vegetais da Floresta Tropical Atlântica. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

Espécie		$\hat{A}^1$	$\hat{p}^2$	$\hat{H}_o^3$	$\hat{H}_e^4$	$\hat{f}^5$	Autor
<i>Araucaria angustifolia</i>		1,6	26,6	0,073	0,084	0,14	Auler (2000)
<i>Aspidosperma polyneurom</i>		2,0	50	0,238	0,257	0,07	Maltez (1997)
<i>Bauhinia forficata*</i>		3,8	100	0,451	0,503	0,10	Santos (1994)
<i>Bowdichia virgiliodes</i>		1,2	28	-	0,126	-	Herrit (1991)
<i>Cariniana legalis</i>		1,4	30	-	0,140	-	Herrit (1991)
<i>Cariniana legalis</i>		2,8	100	0,272	0,355	0,237	Kageyama <i>et al.</i> , (2003a)
<i>Cecropia pachystachya</i>		2,2	100	0,346	0,345	-0,002	Kageyama <i>et al.</i> , (2003a)
<i>Cedrela fissilis</i>		2,3	76,9	0,222	0,243	0,05	Gandara (1996)
<i>Chorisia speciosa</i>		2,2	77,8	0,245	0,284	0,14	Souza (1997)
<i>Cordia trichotoma</i>		1,45	40	-	0,184	-	Herrit (1991)
<i>Cryptocaria moscata</i>		2,0	85	0,323	0,351	0,08	Moraes (1997)
<i>Esenbeckia leiocarpa</i>		2,3	75	0,395	0,391	0,015	Kageyama <i>et al.</i> , (2003a)
<i>Euterpe edulis</i>	SP	3,4 (0,3)	100	0,496 (0,09)	0,463 (0,08)	-0,07	Reis (1996a)
<i>Euterpe edulis</i>	SC	3,1 (0,3) <sup>6</sup>	100	0,417 (0,09)	0,424 (0,09)	0,017	Reis (1996a)
<i>Euterpe edulis</i>		2,6 (0,3)	62,5	0,264 (0,07)	0,278 (0,07)	0,05	Conte (2001)
<i>Euterpe edulis</i>		3,4 (0,3)	100	0,423 (0,07)	0,445 (0,07)	0,049	Conte (2001) <sup>7</sup>
<i>Euterpe edulis</i>		3,0	-	0,376	0,410	0,084	Conte (2004)
<i>Genipa americana</i>		1,63	50	0,195	0,182	-0,071	Sebbenn <i>et al.</i> , (2003)
<i>Johanesia princeps</i>		1,45	27	-	0,141	-	Herrit (1991)
<i>Maytenus aquifolia</i>		3,0	58	0,201	0,354	0,389	Kageyama <i>et al.</i> , (2003a)
<i>Ocotea odorifera</i>		2,4	68	0,358	0,360	0,006	Kageyama <i>et al.</i> , (2003b)
<i>Piper cernuum</i>		2,0	77,8	0,148	0,187	0,21	Mariot (2000)
<i>Tabebuia cassinoides</i>		2,5	85	0,314	0,253	0,192	Sebbenn <i>et al.</i> , (2000)
<i>Trema micrantha</i>		2,2	100	0,406	0,381	-0,037	Kageyama <i>et al.</i> , (2003a)

<sup>1</sup> Número médio de alelos por loco; <sup>2</sup> Porcentagem de locos polimórficos; <sup>3</sup> Heterozigosidade observada; <sup>4</sup> Heterozigosidade esperada; <sup>5</sup> Índice de fixação; <sup>6</sup> Erro padrão da média; <sup>7</sup> Estimativa para a mesma população porém usando apenas locos polimórficos; \* Progenies.



Reis (1996a), utilizando apenas locos polimórficos em seus estudos sobre o palmitreiro, em três populações em condições de floresta primária, localizadas em Blumenau-SC, obteve em média, 3,1 alelos por loco, endogamia de 0,017 e uma diversidade genética de 0,424. Para cinco populações localizadas em Sete Barras-SP, também em condições de floresta primária, o autor obteve em média, 3,4 alelos por loco, índice de fixação de -0,071 e uma diversidade genética de 0,463. Cabe destacar que, o valor negativo encontrado para o índice de fixação nas populações no estado de São Paulo evidencia a ocorrência de excesso de heterozigotos. Comparando estas oito populações, Reis (1996a) conclui que 97% da variabilidade genética da espécie encontra-se distribuída dentro das populações.

Estudos de Conte (2001) com o palmitreiro *Euterpe edulis*, realizados em uma floresta em estágio intermediário-avançado de sucessão florestal, que sofreu exploração entre 1960 e 1970, localizada em São Pedro de Alcântara-SC, revelam que a espécie apresenta 62,5% de locos polimórficos, com em média 2,6 alelos por loco e uma diversidade genética de 0,278. O índice de fixação encontrado pelo autor foi de 0,05, o que evidencia a ocorrência de 5% de endogamia na população estudada.

Para uma população natural em bom estado de conservação, localizada na FLONA de Ibirama-SC, Conte (2004), utilizando apenas locos polimórficos, obteve três alelos por loco em média, heterozigosidade esperada de 0,410 e índice de fixação de 0,084. Estes resultados são similares aos obtidos por Reis (1996a), anteriormente citado, porém apresentam maiores níveis de endogamia.

### **4.3. Manejo de populações naturais e conseqüências genéticas da redução do tamanho efetivo populacional**

O tamanho efetivo populacional, simbolizado por  $\hat{N}_e$  e originalmente desenvolvido por Sewall Wright em 1931, está relacionado à perda de variabilidade genética associada a deriva e/ou endogamia, e refere-se ao tamanho de uma população ideal, cuja perda de variação genética é igual à da população atual (Araújo, 1996). Em outras palavras é uma estimativa do número de indivíduos que efetivamente contribuem em eventos reprodutivos em uma população.

A determinação do tamanho efetivo populacional é um procedimento importante, pois permite o entendimento da relação entre o tamanho efetivo e o tamanho real (demográfico) de

uma população, o que é fundamental para o julgamento do impacto da deriva sobre a estrutura genética de populações, bem como para o planejamento de projetos de conservação, manejo e avaliação da representatividade genética em uma população.

A redução do tamanho efetivo populacional é caracterizada pela restrição no número de indivíduos reprodutivos e somada aos efeitos da extinção de populações localmente adaptadas e a redução do fluxo gênico, têm como principal consequência genética a alteração dos padrões de troca de genes, ocasionando assim, segundo Ledig & Conkle (1983), a erosão genética, sendo esta mais pronunciada em espécies que ocorrem naturalmente em baixa densidade Hall *et al.* (1996).

Frankel & Soulé (1981) e Young *et al.* (1996) afirmam que, quando se consideram poucas gerações, os efeitos negativos da redução no número de indivíduos reprodutivos, se devem ao gargalo genético (bottlenecks), caracterizado pela brusca redução do tamanho populacional, o que pode resultar em perda de alelos de baixa frequência, devido aos indivíduos remanescentes conterem apenas uma pequena amostra do conjunto gênico original. Porém, a pequena população remanescente caso permaneça isolada por muitas gerações, com reduzido fluxo gênico, conforme Barret & Kohn (1991) e White *et al.* (1999), terá perda contínua de alelos, devido à deriva genética aleatória e a endogamia, diminuindo a variabilidade dentro da população e aumentando a diferenciação em relação a outras populações.

A deriva genética aleatória refere-se às mudanças aleatórias nas frequências alélicas das populações através das gerações, levando eventualmente a fixação e à perda de alelos e provocando uma redução da variação genética das populações (Flaconer, 1996). Assim, conforme Nason *et al.* (1997) a redução no número de indivíduos reprodutivos pode levar a rápidas mudanças na composição genética e essas mudanças ocorrem em conjunto com a estrutura genética pré-existente.

Ouborg *et al.* (1991), mostram que um grande número de populações naturais apresentam uma associação positiva entre o tamanho efetivo da população e a variação genética, com o aumento da porcentagem de locos polimórficos, do número de alelos e heterozigidade em populações maiores. Outros trabalhos têm mostrado que a fragmentação provoca redução significativa da riqueza alélica, mas não detectaram diminuição na heterozigidade (Sun, 1996; White *et al.*, 1999; Vasconcelos, 2002).

Souza (1997), constatou que a heterozigidade não é adequada para quantificar as mudanças genéticas após a fragmentação, indicando a porcentagem de alelos perdidos como melhor indicativo para demonstrar a perda de variabilidade genética em simulações de

fragmentação de uma população de *Chorisia speciosa*. Segundo White *et al.* (1999) e Futuyma (2002), esta menor sensibilidade demonstrada pela heterozigosidade, provavelmente deve-se ao fato de que alelos com frequências moderadas contribuem mais na determinação da heterozigosidade que alelos de baixas frequências, sendo estes últimos mais propícios a serem perdidos em populações pequenas.

Young & Merriam (1994), estudando populações fragmentadas de *Acer saccharum*, apontaram que a alteração na estrutura genética é mais evidenciada nas classes mais jovens, possivelmente em função da alteração do padrão de fluxo gênico e de cruzamentos de indivíduos entre e dentro das populações fragmentadas. Fato também observado por Aldrich *et al.* (1998), nos estágios mais jovens de *Symphonia globulifer*, onde constataram inclusive a deficiência de heterozigotos.

A exploração de populações naturais, mesmo em sistemas de manejo, envolve alterações no tamanho populacional e nos padrões espaciais dos indivíduos dentro das populações (Bawa e Krugman, 1990; Murawsky, 1995), variáveis que, dependendo da intensidade de manejo empregada, podem ter efeitos negativos sobre a estrutura genética das populações de uma espécie. Uma vez que os efeitos da deriva genética poderiam se acentuar, levando, possivelmente, à perda dos alelos de menor frequência, a redução dos níveis de heterozigosidade e diversidade genética da população, o que resultaria conseqüentemente na redução da produtividade e adaptação das gerações subseqüentes (Reis, 1996b e Sebbenn *et al.*, 2000).

Comparando uma população natural com uma população manejada de *T. cassinoidse*, onde o manejo caracteriza-se pelo corte de todos os indivíduos acima de 15 cm de DAP, com exceção de 20 árvores para atuarem como porta sementes, Sebbenn *et al.* (2000) observaram que os valores de heterozigosidade, bem como a porcentagem de locos polimórficos eram menores na população manejada. Os autores detectaram inclusive, que a redução no tamanho das populações leva à perda de alelos de baixa frequência, sendo tanto maior a perda quanto maior for a redução do tamanho da população.

A redução da população reprodutiva, pelo manejo, segundo Ellstrand & Elam, (1993), causa o afinilamento da base genética da população, tendo como conseqüência a deriva genética, caracterizada pela perda de alelos de baixa frequência, aumento do grau de parentesco e dos níveis de endogamia dentro de populações.

As alterações na estrutura espacial dos indivíduos de uma população causada pelo manejo podem levar a mudanças na densidade e no comportamento dos polinizadores, gerando alterações na taxa efetiva de fecundação cruzada, o que resulta na depressão

endogâmica, ou seja, a redução da performance adaptativa, produtiva e reprodutiva da espécie devido ao cruzamento entre indivíduos relacionados (Templeton *et al.*, 1990; Bawa & Krugman, 1990; Murawsky & Hamrick, 1992 e Murawsky, 1995). Em plantas alógamas, a depressão por endogamia promove a expressão de genes deletérios em estado de homozigose, o que é caracterizado pela redução na produtividade, fertilidade, viabilidade de sementes, vigor e adaptação (Crow & Kimura, 1970; Allard, 1971; Mettler & Gregg, 1973; Geburek, 1986; Falconer & Mackay, 1996).

Em populações naturais, quando não existe a retirada de indivíduos e a densidade populacional é alta, maior é a probabilidade dos indivíduos especialmente próximos serem aparentados; por outro lado, em populações manejadas devido à retirada de indivíduos, maior é a probabilidade de autofecundação (Sebbenn *et al.*, 2000).

A perda de diversidade genética tem implicações quanto à persistência de espécies e populações, pois com baixos níveis de variação genética, estas tornam-se vulneráveis a extinção devido a fatores estocásticos e a redução do potencial adaptativo em responder a mudanças ambientais futuras (Falconer & Mackay, 1996).

A manutenção dos níveis elevados de heterozigosidade conforme Reis (1996b), favorecem a manutenção da dinâmica populacional e a possibilidade de seleção nas coortes, levando a uma população de adultos com maior diversidade, a qual poderá gerar novamente progênes com características desejáveis de variabilidade, mantendo, portanto, a dinâmica e estrutura populacional da espécie. A manutenção destes níveis depende da continuidade da movimentação dos alelos em níveis compatíveis com a estrutura original, de forma que a taxa de cruzamento e o fluxo gênico devem ser mantidos.

Conte (2004), realizou estudos comparando a diversidade genética em uma população de palmitero localizada em Ibirama e manejada conforme a legislação do estado de Santa Catarina, mantendo-se 50 matrizes/ha como porta sementes, distante aproximadamente 2 Km de uma população natural da espécie em bom estado de conservação. O autor observou, pela comparação dos índices genéticos entre as populações, que o manejo realizado até o momento teve pouca influência sobre o padrão de estruturação da população estudada; porém destaca que a proximidade de áreas em bom estado de conservação poderiam estar contribuindo para a manutenção dos níveis de diversidade na área manejada (fluxo gênico), bem como pelo curto período de manejo realizado, apenas três anos.

#### 4.4. Características da população de palmito na FLONA de Ibirama - SC

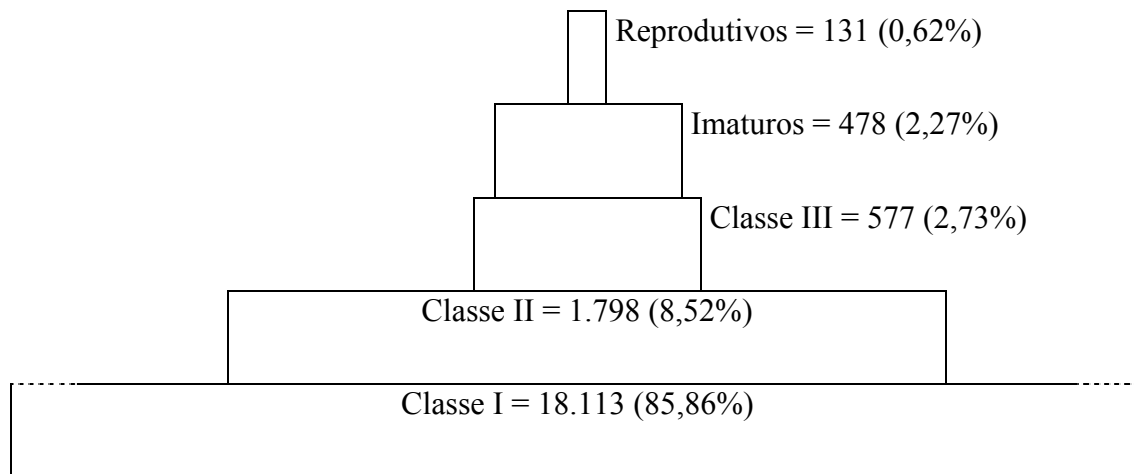
A área inventariada na FLONA de Ibirama encontra-se em estágio secundário avançado de sucessão florestal, apresentando características estruturais similares de áreas com cobertura florestal primária. Segundo informações dos administradores da unidade levantadas por Conte (1997), houve exploração seletiva de madeiras por indústrias madeireiras, por volta da década de 50, antes da área ser reconhecida como Floresta Nacional, e hoje as árvores remanescentes do processo exploratório apresentam-se com distribuição diamétrica semelhante à encontrada em formações primárias.

O levantamento realizado por Conte (1997), demonstrou que a população de palmito da área inventariada apresenta o maior número de indivíduos em relação a populações já estudadas anteriormente. Nesta situação, foram encontradas 609 plantas adultas (imaturos + reprodutivos) por hectare, enquanto que em Blumenau-SC (Reis, 1995), Sete Barras-SP (Fantini *et al.*, 1993) e São Pedro de Alcântara-SC (Conte, 1997), foram encontradas, respectivamente, 372, 517 e 480 plantas adultas por hectare, sendo que as duas primeiras correspondem a formações primárias e a última a uma formação secundária.

A Figura 01 apresenta a estrutura demográfica para a população de palmito na Floresta Nacional de Ibirama (SC), levantada por Conte (1997). As plantas pertencentes à regeneração natural, ou seja, com estipe exposta inferior a 1,30 m, foram divididas em três classes de altura: classe I – plântulas com até 10 cm de altura de inserção da folha mais jovem; classe II – plantas entre 10 e 50 cm de altura de inserção da folha mais jovem; e classe III – plantas com altura de inserção da folha mais jovem acima de 50 cm e menores que 1,30 m de estipe exposta. Na categoria imaturos, foram consideradas todas as plantas com estipe exposta superior a 1,30 m, mas que ainda não entraram em fase reprodutiva, ou seja, não emitiram inflorescência. E para a categoria reprodutivos, foram consideradas as plantas que já emitiram inflorescência.

A população de palmito para este local apresentou uma grande concentração de plantas nas categorias iniciais, com uma significativa redução na medida em que se aproxima das classes superiores. Em média, o número de plantas por hectare foi de 18.133 para a classe I, 1.798 para a classe II, 577 para a classe III, 478 para os imaturos e 131 para os reprodutivos, caracterizando a distribuição de frequência em forma de "J" invertido (Conte, 1997). No caso dos reprodutivos, deve-se destacar que, embora eles representem menos de 1% do total de indivíduos por hectare, esse número é o responsável pela manutenção de toda a estrutura demográfica e genética da espécie nesta população. Resultados similares foram

obtidos por Reis *et al.* (1996c) para uma população de plantas em fase de sucessão florestal primária (12.565 plântulas/ha, 2.565 jovens I/ha, 1.447 jovens II/ha, 560 imaturos/ha, e 61 adultos/ha) e por Conte (2001), para uma população em floresta secundária (14.317 plântulas classe I/ha, 4.651 plântulas classe II/ha, 356 plântulas classe III/ha, 426 imaturos/ha, e 122 adultos/ha).



**Figura 01** - Pirâmide demográfica (plantas por hectare) para a população de palmito na Floresta Nacional de Ibirama – SC (Conte, 1997).

Tendo em vista que o número de indivíduos da classe I é bastante superior as demais classes, se considerarmos a dinâmica do processo de regeneração e sucessão da espécie, isto indica que vários destes indivíduos ficarão estagnados e/ou serão eliminados (mortalidade) (Conte, 1997).

No que se refere à caracterização genética deste local, Conte (2004), utilizando apenas locos polimórficos, obteve pela genotipagem de 52 indivíduos reprodutivos, amostrados em três pontos desta área, três alelos por loco em média, heterozigosidade esperada de 0,410, heterozigosidade observada de 0,376 e índice de fixação de 0,084. Comparando os índices genéticos de três categorias de desenvolvimento: plântulas, jovens e adultos presentes nesta área, Conte (2004), observou nos locos G6pdh-1, Pgdh-2 e Prx-3, o acúmulo de heterozigotos nas classes de maior desenvolvimento, possivelmente em função da seleção em favor dos heterozigotos.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Local de estudo

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Ibirama (SC), situada entre os paralelos 27° e 28° Sul e os meridianos 49° e 50° Oeste, com uma altitude média de 325 m e distante 250 km de Florianópolis (SC). A área total da FLONA é de 570,6 ha, apresentando tanto áreas de vegetação nativa, como reflorestamentos de pinus, eucalipto e araucária, contudo, a vegetação nativa ocupa a maioria da área (Figura 02), caracterizando-a como uma importante reserva para a manutenção da diversidade biológica.

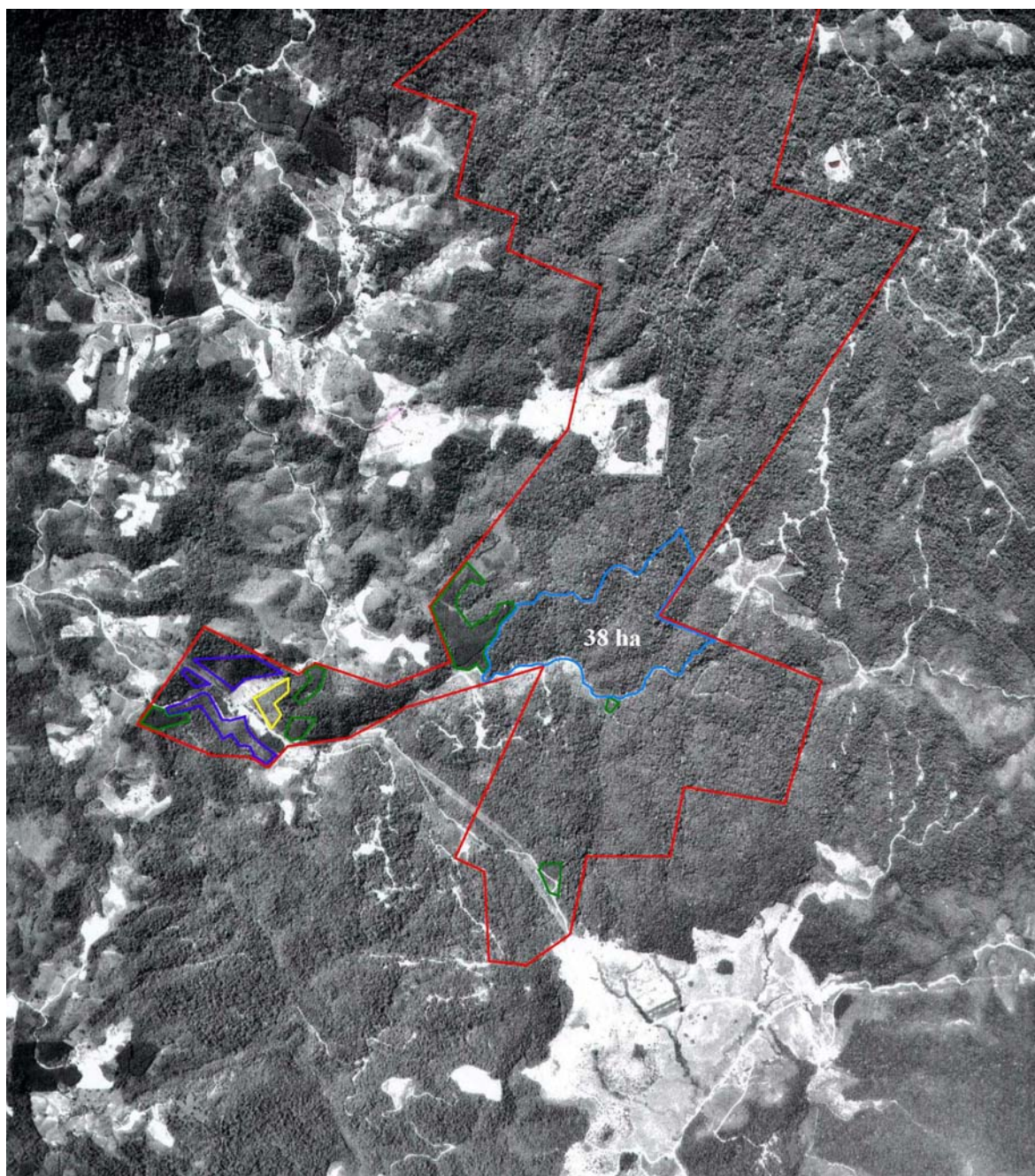
O clima da região é do tipo Cfa-mesotérmico úmido com verão quente, com temperatura média anual entre 16° e 18°C (Ide *et al.*, 1980). A precipitação anual varia entre 1600 e 1800 mm, bem distribuídos, apresentando entre 120 e 140 dias de chuva durante o ano e umidade relativa do ar entre 75 e 80% (Orselli, 1986).

O solo predominante na região e na área de estudo, é um Cambissolo Álico (Moser *et al.*, 1986), com relevo ondulado a fortemente ondulado, tendo a área de amostragem uma variação entre 300 e 350 metros de altitude (Conte, 1997).

A vegetação original do local é composta por Floresta Ombrófila Densa Montana (Klein *et al.*, 1986), tendo sofrido exploração num passado recente, por volta da década de 50, encontrando-se atualmente em estágio secundário avançado de sucessão florestal.

A área de estudo apresenta 38 ha (Figura 02), e possui 25 parcelas permanentes de 40x40 m que foram implantadas em 1997 visando à implantação de uma unidade demonstrativa de manejo sustentável para o palmitreiro, as quais foram reutilizadas para este estudo (Figura 03). Cada parcela apresenta-se ainda, dividida em 16 subparcelas de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m), para facilitar o mapeamento e conseqüentemente o acompanhamento das plantas adultas.

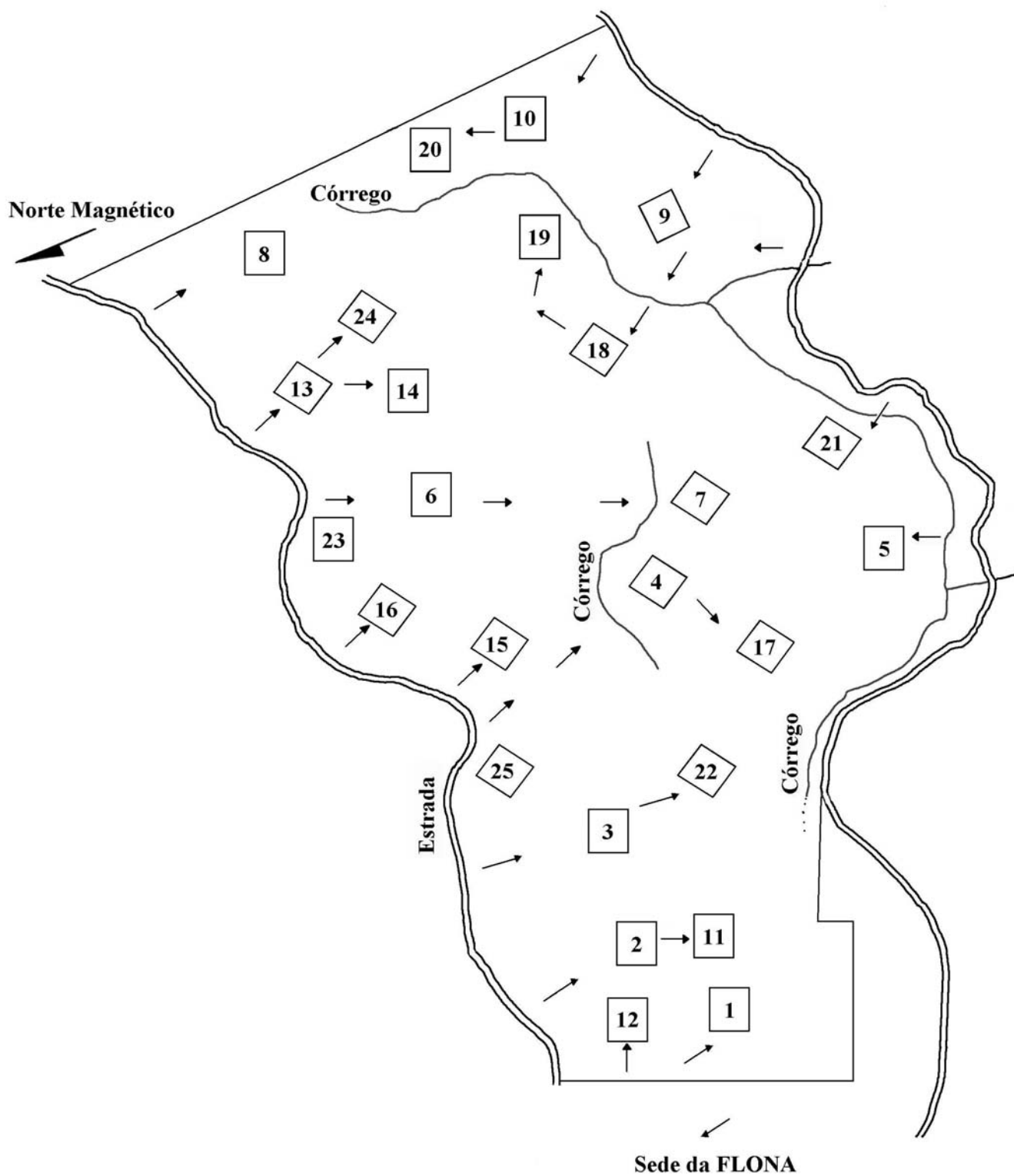
Desta forma, todas as plantas acima de 1,30 m de estipe exposta foram identificadas, mapeadas e avaliadas nos anos de 1997 e 1998, em termos de abundância, crescimento e fenologia para cada uma das 25 parcelas.



**Figura 02** – Foto aérea da FLONA de Ibirama-SC. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

- Em vermelho, divisas da FLONA;
- Em azul claro, área de estudo do Palmiteiro, 38 ha;
- Em azul escuro, áreas reflorestadas com araucária;
- Em verde, áreas reflorestadas com pinus;
- Em amarelo, área reflorestada com eucalipto.





**Figura 03** - Croqui da área inventariada na FLONA de Ibirama-SC, com 38 ha, escala 1:5.000. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

## **5.2. Metodologia de amostragem**

Todas as parcelas foram reavaliadas e com isso identificadas às plantas matrizes, com exceção da parcela 20 (Figura 03), que foi considerada perdida. A amostragem total, incluiu 599 indivíduos. De cada matriz foram coletados dois folíolos das folhas mais novas, que não apresentaram sinais de predação ou não estivessem parasitadas por microorganismos. Em seguida, as folhas foram colocadas em sacos plásticos para evitar a desidratação e transportadas em caixa de isopor contendo gelo, sendo este, coberto com folhas de jornal, a fim de evitar o contato direto que poderia comprometer a integridade do material coletado. O armazenamento do material foi feito em refrigerador, podendo permanecer até um mês sem perder a qualidade para os trabalhos de eletroforese (Ferraz *et al.*, 1994).

## **5.3. Caracterização da diversidade genética**

Os genótipos das plantas matrizes foram determinados empregando-se marcadores alozímicos, revelados a partir de eletroforese horizontal, em gel de amido (penetrose 30), conforme as recomendações de Kephart (1990) e Alfenas (1998). Foram empregados 10 sistemas enzimáticos, os quais foram utilizados por Reis (1996a) e Conte (2001), em populações da espécie, porém substituiu-se o sistema malato desidrogenase pelo sistema diaforase (Tabela 02), por este apresentar uma interpretação mais clara e precisa. Os testes foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento Genético Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina, e as receitas referentes aos sistemas enzimáticos empregados neste trabalho, encontram-se no item 9.1 dos anexos (página 88).

**Tabela 02** - Sistemas enzimáticos empregados para *Euterpe edulis* Mart. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Enzima	Código	Sigla
Alfa-Esterase	EC 3.1.1.1	$\alpha$ -EST
Diaforase	EC 1.8.1.4	DIA
Fosfoglucoisomerase	EC 5.3.1.9	PGI
Fosfoglucomutase	EC 5.4.2.2	PGM
Glucose 6-Fosfato Desidrogenase	EC 1.1.1.49	G6PDH
Isocitrato Desidrogenase	EC 1.1.1.42	IDH
Nicotinamida Adenina Dinucl. Desid.	EC 1.6.99.3	NADHDH
Peroxidase	EC 1.11.1.7	PRX
Shiquimato Desidrogenase	EC 1.1.1.25	SKDH
6-Fosfogliconato Desidrogenase	EC 1.1.1.44	6PGDH

#### 5.4. Análise dos resultados

##### 5.4.1. Efeito da alteração do número de matrizes remanescentes

Para a detecção do efeito do manejo causado pela variação do número de matrizes, primeiramente procedeu-se a caracterização genética de todas as plantas reprodutivas encontradas nas parcelas (599). Então foram realizadas 1000 reamostragens para cada intensidade de manejo simulada 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha, dentro do grupo total de matrizes geneticamente caracterizado (599), simulando desta maneira, a ocorrência de diferentes cortes. Porém, como a amostragem das 599 matrizes foi realizada em 24 parcelas, que correspondem no total a uma área de 3,8 ha, torna-se necessário à realização de um ajuste nestas 1000 reamostragens realizadas em cada intensidade de manejo, já que as densidades de corte referem-se a um hectare. Neste sentido, as intensidades de manejo de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha correspondem respectivamente a uma amostragem de 19, 38, 76, 114, 152, 190, 228 e 570 plantas, entre as 599 amostradas. Portanto, por exemplo, quando menciona-se 1000 reamostragens na intensidade de manejo de 5 matrizes/ha, esta refere-se a 1000 reamostragens de 19 plantas entre as 599 genotipadas.

As intensidades de manejo foram definidas com base na Resolução IBAMA/SEMA nº 1 de 1994 do Estado do Paraná, que estabelece a permanência de no mínimo 20 matrizes por

hectare; na Resolução SMA nº 16 de 16/05/94 do Estado de São Paulo e no Decreto Estadual 33.335 de 01/04/98 do Estado do Rio Grande do Sul, bem como na Resolução nº 294 do Conama de 12/12/01 do Estado de Santa Catarina, que estabelecem a manutenção de pelo menos 50 matrizes por hectare; e na proposição de Reis (1996a), que sugere a manutenção de 60 indivíduos reprodutivos por hectare. A intensidade de manejo de 150 matrizes/ha foi definida objetivando-se obter informações sobre a variabilidade natural dos índices genéticos estudados na população como um todo, livre de reduções significativas no número de indivíduos. As demais intensidades de manejo foram estabelecidas visando um melhor esclarecimento das variações genéticas envolvidas.

A partir dos resultados dos 1000 sorteios foi obtido o comportamento médio de cada intensidade de corte, bem como o intervalo de confiança e o desvio padrão destes valores. Esta abordagem visou detectar e comparar a variação genética entre estas intensidades e a população não manejada, analisando-se desta maneira, os efeitos da variação do tamanho populacional, através das alterações nas frequências alélicas, heterozigiosidade, perda de alelos e aumento da endogamia.

#### 5.4.2 Caracterização da variação genética

A variação genética foi caracterizada a partir das estimativas das frequências alélicas e dos índices de diversidade (heterozigiosidade, percentagem de locos polimórficos, número médio de alelos por loco e índice de fixação), para o grupo total de matrizes amostradas (599), que no caso representa todas as matrizes da população e para as matrizes de cada intensidade de manejo simulada (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha) em cada uma das 1000 reamostragens. Para as intensidades de manejo simuladas, estimou-se ainda, o risco de perda de alelos (RP $\hat{A}$ ), bem como o risco de redução da diversidade (RRD), redução média da diversidade (RMD), redução máxima da diversidade (RMXD), valores máximos, mínimos, desvio padrão e intervalo de confiança, para cada um dos índices de diversidade estudados; conforme definido a seguir.

Para a obtenção das simulações, frequências alélicas e índices de diversidade, foram empregados os programas BIOSYS-2 (Swofford & Selander, 1989) e Microsoft Excel.

#### 5.4.2.1. Estimativa das frequências alélicas

A partir da interpretação dos zimogramas e definição dos genótipos de cada matriz estudada, para os marcadores empregados, foram estabelecidas as frequências alélicas para o grupo de matrizes que representa a população total (599) e para as matrizes de cada intensidade de manejo simulada, através da seguinte abordagem:

$$\hat{p}_{ij} = n_{ij} / n_{.j}$$

Sendo:

$\hat{p}_{ij}$  = frequência do alelo i nas matrizes da intensidade de manejo j;

$n_{ij}$  = número de ocorrências do alelo i nas matrizes da intensidade de manejo j;

$n_{.j}$  = número total de alelos amostrados nas matrizes da intensidade de manejo j .

#### 5.4.2.2. Índices de diversidade

Foram estimadas a porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ), o número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ), a heterozigosidade média observada ( $\hat{H}_o$ ) e esperada ( $\hat{H}_e$ ) e o índice de fixação ( $\hat{f}$ ) para as matrizes que representam a população total e para as matrizes de cada intensidade de manejo simulada.

A porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ), foi estimada considerando-se o número de locos que apresentou o alelo mais freqüente com ocorrência inferior a 100%, em relação ao total de locos. A estimativa deste índice não levou em consideração os critérios sugeridos por Nei (1978) sobre número de indivíduos analisados, afim de não prejudicar as comparações entre diferentes tamanhos amostrais. Assim:

$$\hat{P} = (\text{n}^\circ \text{ de locos polimórficos} / \text{n}^\circ \text{ total de locos}) \times 100$$

O número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) foi estimado a partir da média aritmética do número de alelos de cada loco, entre os locos, tanto para as matrizes que representam a população total, como para as matrizes de cada intensidade de manejo simulada. Assim,

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^r K.i / r$$

Onde:

$$\sum_{i=1}^r k.i = \text{somatório do número de alelos em cada loco};$$

$r$  = número de locos.

A heterozigosidade média observada ( $\hat{H}_o$ ), foi obtida pela média aritmética das proporções do número total de heterozigotos em relação ao número total de indivíduos entre os locos analisados, tanto para as matrizes que representam a população total, como para as matrizes de cada intensidade de manejo simulada. Assim,

$$\hat{H}_{ok} = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^r h_{ijk} / n \right) \right] / r$$

Onde:

$$\sum_{j=1}^r h_{ijk} = \text{somatório dos indivíduos heterozigotos do loco } j \text{ na intensidade de manejo } k;$$

$n$  = número de indivíduos em cada loco;

$r$  = número de locos.

A heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) foi obtida empregando-se o estimador não viesado de Nei (1978), pela seguinte equação:

$$\hat{H}_e = 2n \left( 1 - \sum_{i=1}^c \hat{p}_i^2 \right) / (2n - 1)$$

Onde:

$n$  = número de indivíduos amostrados.

fazendo-se a média aritmética entre os locos estudados.

A comparação entre a heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e a heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ), foi realizada pela estimativa do intervalo de confiança. Esta análise visou determinar a possível existência de diferenças significativas quanto as heterozigosidades obtidas entre as diferentes intensidades de manejo e entre estas e a população total.

Os índices de fixação ( $\hat{f}$ ) foram estimados como desvios da heterozigosidade esperada, assim:

$$\hat{f} = (1 - \hat{H}_o / \hat{H}_e)$$

A significância dos valores de  $\hat{f}$  (hipótese da nulidade:  $\hat{f} = 0$ ) e a aderência dos dados ao equilíbrio de Hardy-Weinberg (panmixia), para as matrizes que representam a população total (599), bem como para a análise individual de cada parcela, foram avaliadas pelo teste  $\chi^2$  conforme Li & Horvitz (1953).

$$X^2 = N \cdot \hat{f}^2 \cdot (K - 1)$$

Onde:

**N** = tamanho médio da amostra por loco;

$\hat{f}$  = índice de fixação;

**K** = número médio de alelos por loco.

Os graus de liberdade para a análise da significância dos valores de  $X^2$ , foram obtidos pela seguinte formula:

$$GL = [K \cdot (K-1)] / 2$$

Onde:

**K** = número médio de alelos por loco.

Para as intensidades de manejo simuladas 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha, a significância dos valores do índice de fixação e a aderência dos dados ao equilíbrio de Hardy-Weinberg (panmixia), foram determinadas pela comparação dos intervalos de confiança entre heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ), para cada densidade de manejo individualmente.

### 5.4.2.3. Risco de redução da diversidade

Para os índices número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) e porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ), os valores referentes ao risco de redução de diversidade (RRD) foram obtidos pela porcentagem de reamostragens em cada intensidade de manejo, cujos valores ficaram abaixo da média da população. Assim:

- Risco de redução da diversidade para o número médio de alelos por loco ( $RRD_{\hat{A}}$ ):

$$RRD_{\hat{A}} = (NR_{\hat{A}} * 100)/1000$$

Onde:

$NR_{\hat{A}}$  = número de reamostragens em 1000, onde o número médio de alelos por loco foi menor que a média da população para o referido índice ( $\hat{A}$ ), para cada densidade de manejo (Figura 04).

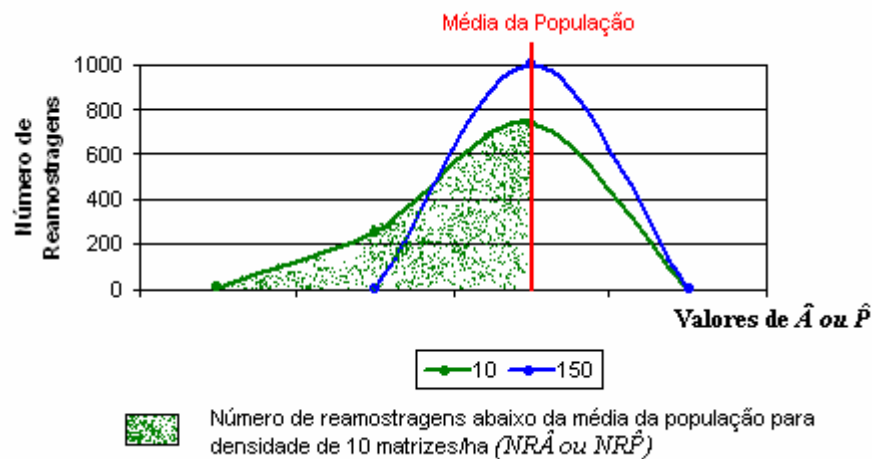
- Risco de redução da diversidade para a porcentagem de locos polimórficos ( $RRD_{\hat{P}}$ ):

$$RRD_{\hat{P}} = (NR_{\hat{P}} * 100)/1000$$

Onde:

$NR_{\hat{P}}$  = número de reamostragens em 1000, onde o número de locos polimórficos foi menor que a média da população para o referido índice ( $\hat{P}$ ), para cada densidade de manejo (Figura 04).





**Figura 04** – Modelo utilizado na estimativa do número de reamostragens localizadas abaixo da média da população, para cada densidade de manejo simulada, para os índices: número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) e porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ). NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

Os valores referentes ao risco de redução da diversidade para a heterozigidade observada e esperada referem-se ao percentual de reamostragens em cada densidade de manejo, localizadas abaixo da média menos o desvio padrão apresentado em cada índice na densidade de 150 matrizes/ha.

- Risco de redução da diversidade para a heterozigidade observada ( $RRD_{\hat{H}_o}$ ):

$$RRD_{\hat{H}_o} = (NR\hat{H}_o * 100)/1000$$

Onde:

$NR\hat{H}_o$  = número de reamostragens em 1000, que apresentaram valores de  $\hat{H}_o$  menores que a (média - desvio padrão da população<sup>1</sup>) para cada densidade de manejo (Figura 05).

<sup>1</sup> = desvio estimado pela densidade de 150 matrizes/ha.

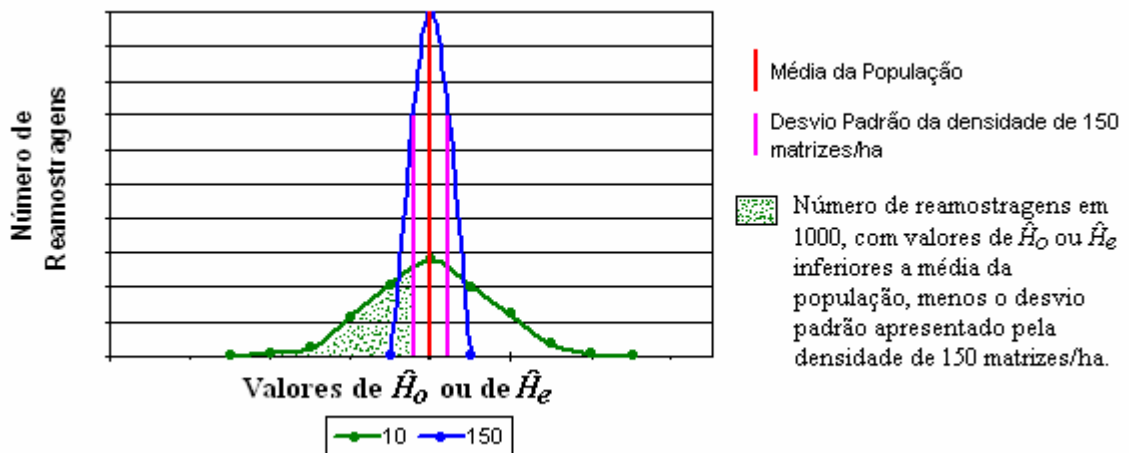
- Risco de redução da diversidade para a heterozigosidade esperada ( $RRD_{\hat{H}_e}$ ):

$$RRD_{\hat{H}_e} = (NR\hat{H}_e * 100)/1000$$

Onde:

$NR\hat{H}_e$  = número de reamostragens em 1000, que apresentaram valores de  $\hat{H}_e$  menores que a (média - desvio padrão da população<sup>1</sup>) para cada densidade de manejo (Figura 05).

<sup>1</sup> = desvio estimado pela densidade de 150 matrizes/ha.



**Figura 05** – Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas abaixo da média da população menos o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para os índices heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e esperada ( $\hat{H}_e$ ). NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

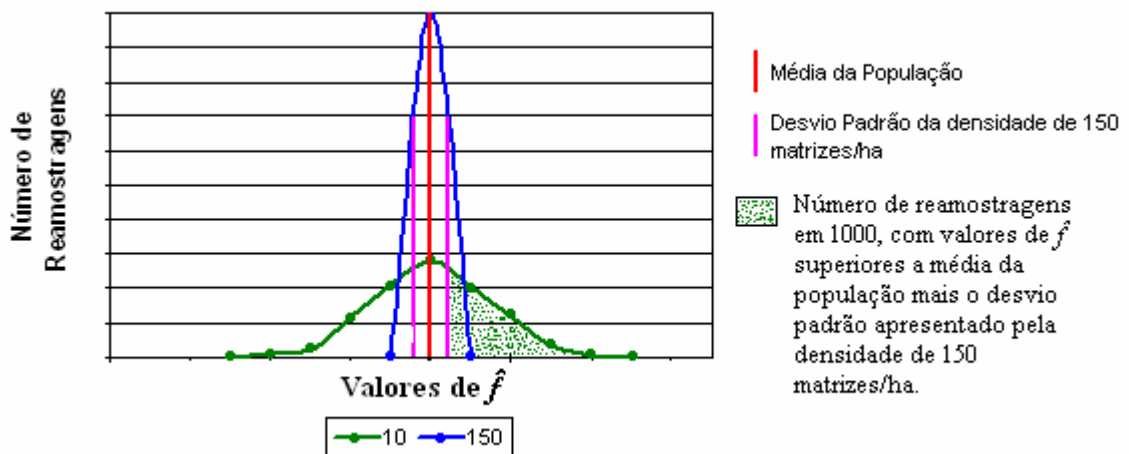
Já para o índice de fixação os valores referentes ao risco de redução de diversidade referem-se ao percentual de reamostragens em cada intensidade de manejo, localizadas acima da média mais o desvio padrão apresentado pelo índice na densidade de 150 matrizes/ha.

- Risco de redução da diversidade para o índice de fixação (RRD  $\hat{f}$ ):

$$\text{RRD } \hat{f} = (\text{NR } \hat{f} * 100)/1000$$

Onde:

$\text{NR } \hat{f}$  = número de reamostragens em 1000, que apresentaram valores de  $\hat{f}$  maiores que (média + desvio padrão da população) para cada densidade de manejo (Figura 06).



**Figura 06** – Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas acima da média da população mais o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para o índice de fixação. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

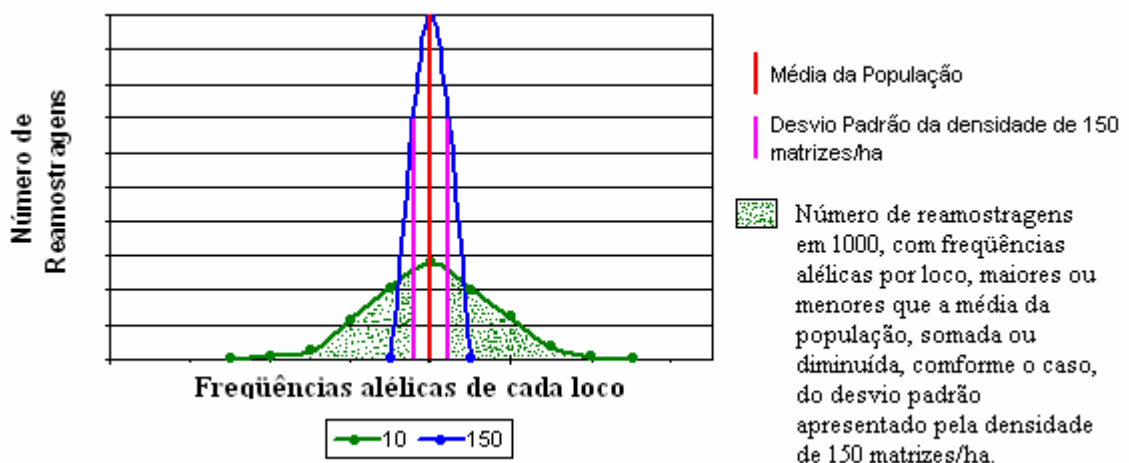
#### 5.4.2.4. Risco de redução da diversidade por loco

As variações nas frequências alélicas em cada loco, na densidade de 150 matrizes/ha foram consideradas como naturais da população, devido ao fato desta densidade incluir praticamente todas as plantas que representam a população. Desta maneira, os valores referentes ao risco de redução de diversidade por loco referem-se ao percentual de reamostragens em 1000, que apresentaram variações nas frequências alélicas, tanto acima como abaixo da média da população, descontando-se ou acrescentando-se a média, conforme o caso, à variação natural em cada loco, para cada densidade de manejo.

$$RRD_{\text{loco}} = \text{NRL}(* 100)/1000$$

Onde:

**NRL** = número de reamostragens com variação nas frequências alélicas, tanto acima como abaixo da (média da população para cada loco somada e/ou diminuída do desvio padrão natural de cada loco para cada densidade de manejo) (Figura 07).

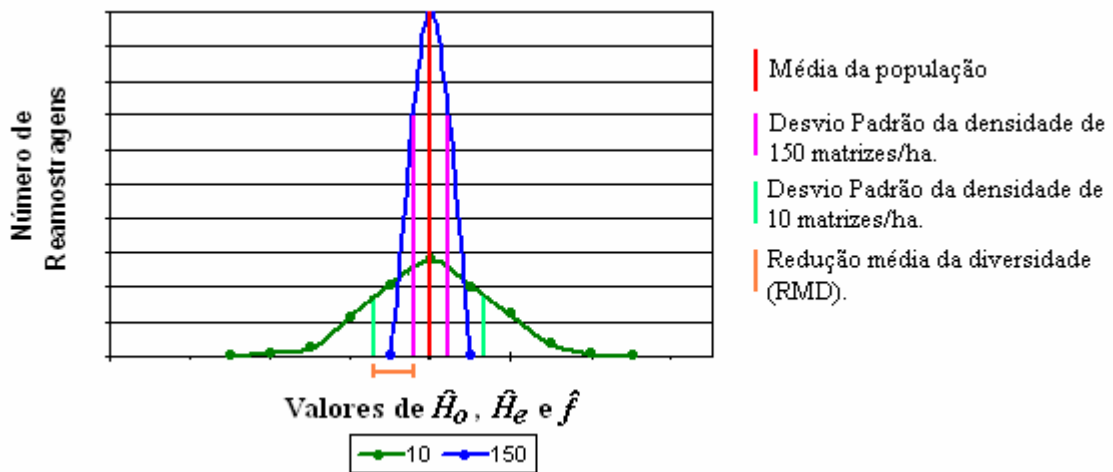


**Figura 07** – Modelo utilizado na estimativa do número de amostras localizadas acima e abaixo da média da população, somada ou diminuída, conforme o caso, do desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, para cada densidade de manejo simulada para as frequências alélicas de cada loco. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

#### 5.4.2.5. Redução média e máxima da diversidade

Para a estimativa da redução média e máxima da diversidade para os índices heterozigidade observada, esperada e índice de fixação, também se considerou o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha como natural, portanto, este foi descontado da média da população. Neste sentido, a estimativa da redução média da diversidade, para estes três índices, é referente ao desvio padrão de cada intensidade de manejo, menos o desvio padrão natural da população.

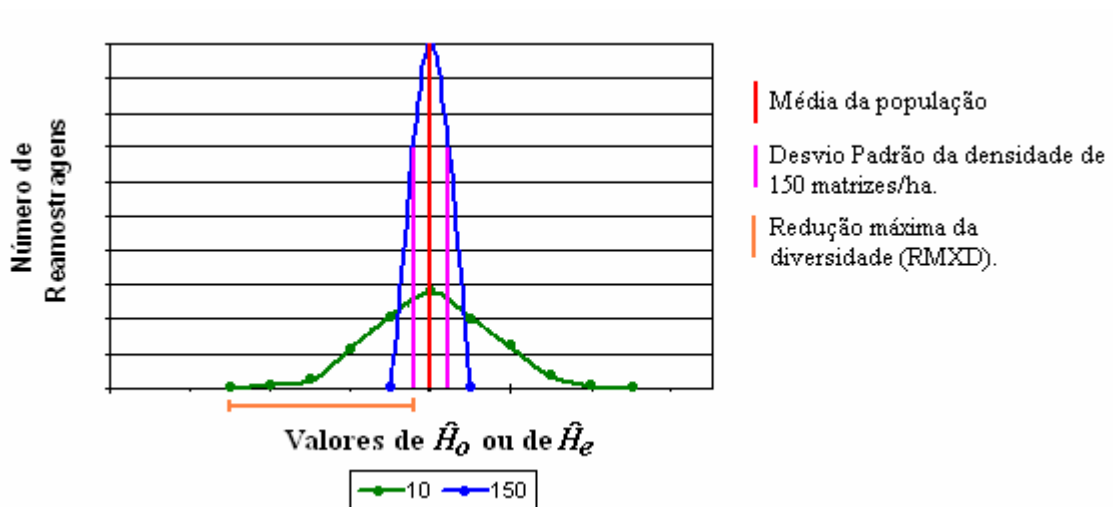
**$RMD_{\hat{H}_o, \hat{H}_e \text{ e } \hat{f}} = \text{desvio padrão de cada intensidade de manejo} - \text{desvio padrão da população}$  (Figura 08)**



**Figura 08** – Modelo utilizado na estimativa da redução média da diversidade (RMD), para os índices heterozigidade observada ( $\hat{H}_o$ ), heterozigidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) e índice de fixação ( $\hat{f}$ ), em cada densidade de manejo simulada. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

Já para a redução máxima da diversidade para os índices heterozigidade observada e esperada, refere-se à média da população, menos o desvio padrão apresentado pela densidade de 150 matrizes/ha, menos o valor mínimo em cada intensidade de manejo.

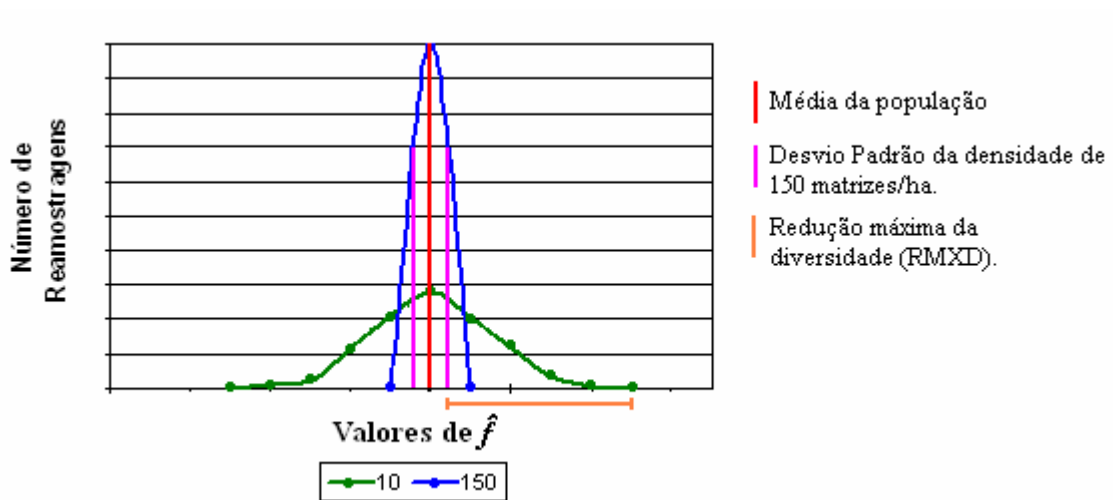
**$RMXD_{\hat{H}_o \text{ e } \hat{H}_e} = \text{média da população} - \text{desvio padrão da população} - \text{valor mínimo}$**   
**em cada intensidade de manejo (Figura 09).**



**Figura 09** – Modelo utilizado na estimativa da redução máxima da diversidade (RMXD), para os índices heterozigidade observada ( $\hat{H}_o$ ) e heterozigidade esperada ( $\hat{H}_e$ ), em cada densidade de manejo simulada. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

Para o índice de fixação, o cálculo da redução máxima de diversidade, é referente ao valor máximo em cada intensidade de manejo, menos a média da população, menos o desvio padrão da densidade de 150 matrizes/ha.

**$RMXD \hat{f}$  = valor máximo em cada intensidade de manejo - média da população - desvio padrão da densidade de 150 matrizes/ha (Figura 10).**



**Figura 10** – Modelo utilizado na estimativa da redução máxima da diversidade (RMXD), para o índice de fixação, em cada densidade de manejo simulada. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

#### 5.4.2.6. Risco de perda de alelos

Os valores referentes ao risco de perda de alelos foram obtidos pelo percentual de reamostragens em 1000, que apresentaram perdas alélicas em cada loco, para cada densidade de manejo.

**$RP\hat{A} = ((\text{número de reamostragens por loco que apresentaram perdas alélicas em cada densidade de manejo}) * 100) / 1000$**

#### 5.4.2.7. Tamanho efetivo populacional

Considerando que o grau de parentesco entre os indivíduos é baixo em populações naturais, o tamanho efetivo populacional foi estimado de acordo com Vencovsky (1997), assim o valor de  $N_e$  foi calculado pela fórmula:

$$\hat{N}_e = n / (1 + \hat{f})$$

Onde:

$n$  = é o tamanho amostral;

$\hat{f}$  = é o índice de fixação.

A representatividade genética foi estimada pela relação:

$$\hat{N}_e / n$$



## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 - Caracterização genética da área de estudo**

A caracterização genética da área de estudo foi realizada empregando-se dez sistemas enzimáticos, o que revelou a presença de 13 locos alozímicos, sendo nove polimórficos e quatro monomórficos (Tabela 03).

#### **6.1.1 Freqüências alélicas:**

As freqüências alélicas obtidas para os 13 locos analisados nas 599 matrizes de palmitreiro (158/ha) da população natural de Ibirama-SC estão expostas na Tabela 03.

O número de alelos por loco variou de um a cinco, porém a maioria dos locos apresentou dois alelos. Nos locos que apresentaram apenas dois alelos, observaram-se as maiores diferenças entre as freqüências alélicas, e em alguns locos como o EST-1, EST-2 e G6PDH, a discrepância é tanta que o alelo 1 encontra-se muito próximo da fixação.

Os locos PRX-4, NADH, IDH e DIA-2 apresentaram-se monomórficos, contudo em outras populações estudadas por Conte (2001) e Reis (1996a), o loco PRX-4 apresentou até três alelos.

**Tabela 03:** Frequências alélicas de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Alelo	Loco e Tamanho da Amostra												
	EST-1 599	EST-2 599	SKDH 598	PRX-1 598	PRX-4 598	6PGDH 596	NADH 599	PGI 597	PGM 597	IDH 597	G6PDH 595	DIA-1 595	DIA-2 595
1	0,976	0,968	0,874	0,869	1	0,243	1	0,637	0,420	1	0,914	0,852	1
2	0,024	0,032	0,126	0,131	-	0,343	-	0,348	0,168	-	0,086	0,148	-
3	-	-	-	-	-	0,173	-	0,016	0,411	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	0,217	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	0,023	-	-	-	-	-	-	-

### 6.1.2 Índices de diversidade

Os índices de diversidade estimados a partir dos 13 locos analisados (Tabela 04), revelaram a presença de 2,1 alelos por loco em média ( $\hat{A}$ ), 69,23% de locos polimórficos ( $P$ ) e uma diversidade gênica de 0,216 ( $\hat{H}_e$ ). A heterozigosidade média observada ( $\hat{H}_o$ ) foi de 0,195 e não diferiu estatisticamente da diversidade gênica (t-test). Obteve-se ainda, um índice de fixação médio de todos os locos de 0,099, evidenciando a ocorrência de endogamia, o qual diferiu significativamente de zero, indicando desta maneira que a população não encontra-se nas proporções do equilíbrio de Hardy-Weinberg.

**Tabela 04:** Índices de diversidade a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

	Tamanho médio da Amostra /Loco (n)	Nº Médio de Alelos /Loco ( $\hat{A}$ )	% de Locos Polimórficos <sup>1</sup> ( $\hat{P}$ )	Heterozigosidade Observada ( $\hat{H}_o$ )	Heterozigosidade Esperada ( $\hat{H}_e$ ) <sup>2</sup>	Índice de Fixação ( $\hat{f}$ )
<b>Todos os locos</b>	597,2 (0,4) <sup>3</sup>	2,1 (0,3)	69,23	0,195 (0,069)	0,216 (0,070)	0,0987*
<b>Somente Polimórficos (9)</b>	597,1 (0,5)	2,6 (0,3)	100	0,281 (0,085)	0,313 (0,082)	0,1022*

<sup>1</sup> Critério  $p < 0,99$ . <sup>2</sup> Estimativa de Nei (1978). <sup>3</sup> Erro padrão da média. .\* Valor Significativo pelo teste  $X^2$ .

Em termos médios, os índices obtidos na área de estudo apresentaram-se elevados quando comparados com outras espécies tropicais. Segundo Hamrick *et al.* (1992), a diversidade gênica média  $\hat{H}_e$  de 38 espécies tropicais foi de 0,191, com 57,9% de locos polimórficos. Para espécies da Floresta Tropical Atlântica os valores de diversidade apresentam-se bastante variáveis, no entanto os valores obtidos posicionam a espécie entre as de maior diversidade (Tabela 01).

Os resultados obtidos equiparam-se ainda com os valores de outros estudos sobre a espécie, como o de Conte (2001) e Reis (1996a) (Tabela 01). Em relação aos estudos de Conte (2001), os valores do número médio de alelos por loco, bem como os de heterozigosidade observada e esperada, não apresentam diferença dos obtidos na área de estudo (t-teste), mesmo trabalhando com sistemas e locos diferentes. No entanto,

considerando-se apenas os locos polimórficos, o número de alelos por loco pode ser considerado como diferente, sendo o valor encontrado neste trabalho inferior ao obtido por Conte, (2001). Esta diferença deve-se possivelmente ao uso de locos diferentes. Conte (2001), trabalhou com locos de maior número de alelos como o PRX-2, PRX-3 e MDH-1, com quatro, quatro e três alelos respectivamente, o que confere um maior valor para este índice.

Em comparação com os resultados obtidos por Reis (1996a), utilizando apenas locos polimórficos, referentes à média de três populações de palmitreiro em Santa Catarina, os valores obtidos para o número médio de alelos por loco, bem como para heterozigosidade observada e esperada também não apresentaram-se diferentes. Porém, se comparados com os resultados obtidos por Reis (1996a), em cinco populações no Estado de São Paulo, os valores referentes ao número médio de alelos por loco, bem como os valores de heterozigosidade observada obtidos neste estudo, apresentaram-se diferentes e inferiores. Esta diferença para o número médio de alelos por loco deve-se possivelmente ao uso de locos diferentes, pois o autor também trabalhou com locos de maior número de alelos como o PRX-2, PRX-3, ambos com quatro alelos. No entanto, Reis (1996a) também encontrou quatro alelos no loco PGI e cinco no loco PGM, sendo que no presente estudo observou-se apenas três alelos para os referidos locos. As diferenças encontradas na heterozigosidade observada devem-se ao fato de que as populações estudadas por Reis (1996a) apresentaram excesso de heterozigotos, como pode ser confirmado pela observação do índice médio de fixação ( $\hat{f} = -0,071$ ), porém, a causa deste excesso não pode ser explicada com exatidão, sendo a causa mais provável a seleção em favor dos heterozigotos.

Os elevados índices de diversidade obtidos para a espécie são de fundamental importância, pois garantem as gerações futuras à possibilidade de formarem novos recombinantes, garantindo assim a capacidade de adaptação a novos ambientes e a própria manutenção da dinâmica populacional, conforme discute Reis (1996a).

Na Tabela 05 são apresentados os índices de diversidade para cada parcela amostrada na área de estudo. Estes resultados revelam a existência de certa heterogeneidade, principalmente quanto ao número de matrizes presentes na área, que variou de 31 a 250 por hectare.

A variação do número médio de alelos por loco entre as parcelas não diferiu pelo t-teste, porém a avaliação individual indica a ausência de alelos em algumas parcelas, destacando-se a parcela 23, com seis alelos a menos e as parcelas 6, 9, 19 e 22 onde não aparecem quatro alelos.

**Tabela 05:** Índices de diversidade por parcela a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Parcela	Nº de Matrizes /parcela - /ha	Nº Médio Alelos /Loco ( $\hat{A}$ )	% de Locos Polimórficos <sup>1</sup> ( $\hat{P}$ )	Het. Observada ( $\hat{H}_o$ )	Het. Esperada ( $\hat{H}_e$ ) <sup>2</sup>	Índice de Fixação ( $\hat{f}$ )
25	40 – 250	2,0 (0,3) <sup>3</sup>	61,5	0,230 (0,079)	0,219 (0,071)	-0,050 ns
1	36 – 225	1,9 (0,3)	53,8	0,186 (0,062)	0,234 (0,074)	0,205 ns
13	35 – 219	1,9 (0,3)	61,5	0,213 (0,080)	0,199 (0,068)	-0,070 ns
14	34 – 213	2,1 (0,3)	69,2	0,174 (0,072)	0,205 (0,071)	0,151 ns
12	34 – 213	2,0 (0,3)	69,2	0,176 (0,056)	0,226 (0,066)	0,221 ns
21	34 – 213	1,9 (0,3)	61,5	0,217 (0,079)	0,216 (0,071)	-0,005 ns
3	33 – 206	2,0 (0,3)	69,2	0,207 (0,069)	0,219 (0,070)	0,055 ns
15	33 – 206	2,0 (0,3)	69,2	0,179 (0,065)	0,215 (0,069)	0,167 ns
5	33 – 206	1,9 (0,3)	61,5	0,189 (0,062)	0,206 (0,071)	0,083 ns
8	29 – 181	2,0 (0,3)	69,2	0,176 (0,053)	0,219 (0,072)	0,196 ns
4	29 – 181	1,9 (0,3)	61,5	0,186 (0,066)	0,212 (0,072)	0,123 ns
7	28 – 175	1,9 (0,3)	61,5	0,168 (0,068)	0,215 (0,071)	0,219 ns
18	26 – 163	1,9 (0,3)	61,5	0,219 (0,073)	0,233 (0,070)	0,060 ns
16	21 – 131	2,1 (0,3)	69,2	0,187 (0,070)	0,227 (0,074)	0,176 ns
24	20 – 125	2,0 (0,3)	69,2	0,177 (0,068)	0,202 (0,070)	0,124 ns
17	20 – 125	1,9 (0,3)	61,5	0,200 (0,075)	0,222 (0,071)	0,099 ns
19	19 – 119	1,8 (0,3)	53,8	0,224 (0,087)	0,192 (0,071)	-0,167 ns
2	18 – 113	1,8 (0,3)	53,8	0,209 (0,080)	0,202 (0,074)	-0,035 ns
11	18 – 113	1,8 (0,3)	61,5	0,197 (0,077)	0,215 (0,072)	0,084 ns
10	17 – 106	1,8 (0,3)	61,5	0,204 (0,075)	0,207 (0,068)	0,014 ns
22	17 – 106	1,8 (0,3)	53,8	0,181 (0,068)	0,224 (0,074)	0,192 ns
23	10 – 63	1,6 (0,3)	38,5	0,192 (0,084)	0,190 (0,077)	-0,011 ns
6	9 – 56	1,8 (0,3)	53,8	0,179 (0,076)	0,233 (0,076)	0,232 ns
9	5 – 31	1,8 (0,3)	46,2	0,169 (0,078)	0,191 (0,074)	0,115 ns

<sup>1</sup> Critério  $p < 1$ . <sup>2</sup> Estimativa não viesada de Nei (1978). <sup>3</sup> Erro padrão da média. ns: não significativo no teste  $X^2$ .

Os valores de heterozigidade observada e esperada variaram de 0,168 a 0,230 e de 0,190 a 0,234 respectivamente entre as parcelas (Tabela 05). Embora estes valores apresentem-se numericamente diferentes, não podem ser considerados como distintos pelo t-teste; contudo sugerem também a existência de heterogeneidade na área de estudo.

Os valores do índice de fixação não mostraram-se significativos no teste de  $X^2$ , no entanto, revelaram desde parcelas com 23% de endogamia até parcelas com 16,7% de excesso de heterozigotos (Tabela 05). Apesar do fato de que, em algumas das parcelas, tenham sido detectados excessos no número de heterozigotos, estas representam apenas 25% da área amostrada, prevalecendo nos 75% restantes à ocorrência de endogamia, fato que se confirma

através do índice de fixação médio de todos os locos, que indica uma endogamia para a área de 0,099 (significativo pelo teste  $X^2$ , Tabela 04). De qualquer forma, a realização de reamostragens dentro de cada parcela, poderia avaliar com mais rigor a significância dos valores do índice de fixação, o que elucidaria melhor esta questão.

A análise dos índices por parcela revela a ocorrência de heterogeneidades na área, quer seja pelo número de alelos por loco, quer seja pelo número de matrizes/ha, heterozigosidades observada e esperada ou pelos índices de fixação, sugerindo a existência de estruturação interna na população.

A estruturação ocorre quando formam-se grupos decorrentes principalmente das limitações físicas no sentido de todos os indivíduos cruzarem entre si, da ocorrência em maior probabilidade de cruzamentos entre indivíduos próximos (Futuyma, 2002), ou de cruzamentos não aleatórios, formando demes panmíticas.

Desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg segundo Sebbenn *et al.* (2003), em locos supostamente neutros como isoenzimas, implicam que a população está subdividida reprodutivamente em grupos com certo grau de parentesco, cruzamentos não aleatórios ou deriva genética. O que pode estar ocorrendo nesta população.

Reis, (1996a), em seus estudos estimou uma área de vizinhança média para o palmitreiro de 13.000 m<sup>2</sup>, e um tamanho de vizinhança em termos médios de 67 indivíduos, ou seja, demes de, em média, 67 indivíduos, ocupando uma área média de 13.000 m<sup>2</sup>. Levando em conta estas informações, bem como o tamanho da área de estudo 380.000 m<sup>2</sup>, conclui-se que possam existir várias demes nesta área, especialmente se considerada a heterogeneidade do relevo.

Os cruzamentos entre indivíduos próximos podem aumentar a probabilidade de ocorrer cruzamentos entre indivíduos aparentados, se as populações forem estruturadas, decorrentes da dispersão de pólen ou sementes a curta distância, o que tenderia a ampliar a quantidade de homozigotos, elevando, assim, os níveis de endogamia.

Resultados obtidos por Reis, (1995) sobre dispersão de sementes do palmitreiro, revelaram que a dispersão primária pode atingir distâncias de até 61 metros das plantas parentais, o que tenderia a reduzir a probabilidade de cruzamentos entre indivíduos aparentados, porém a maioria das sementes produzidas encontra-se próximas as matrizes, formando bancos de plântulas. Desta maneira, torna-se determinante para explicar esta questão o conhecimento dos fatores que atuam no recrutamento dos bancos de plântulas (Conte *et al.*, 2000), bem como a sua relação com a proximidade de plantas matrizes (Janzen, 1970 e Reis, 1995). Observações pessoais sobre o recrutamento de plantas jovens de

palmitero evidenciam que estes podem ocorrer muito próximos as matrizes, sendo em alguns casos em distâncias inferiores a um metro. Contudo, a taxa deste recrutamento em relação à distância das plantas matrizes é um ponto importante ainda não estudado, que deve ser pesquisado para esclarecer esta questão.

Em relação ao fluxo de pólen para o palmitero não existem informações relativas à distância de vôo das espécies responsáveis pela polinização, no entanto, Reis (1996a), considerando dados obtidos por Reis (1995), que confirmam o sucesso reprodutivo com até quatro indivíduos por hectare, estimou a distância de transporte de pólen em 56 metros, levando em consideração à distância entre as plantas nesta densidade. Porém, esta distância no transporte de pólen não é suficiente para justificar a redução na quantidade de cruzamentos entre indivíduos próximos, pois em densidades maiores os polinizadores procurariam as plantas mais próximas, voando preferencialmente em curtas distâncias.

Levando em conta estas considerações sobre a dispersão de sementes e o fluxo de pólen, esperava-se que a densidade por parcela apresentasse alta correlação com o aumento da endogamia (valores de  $\hat{f}$ ), o que de certa forma justificaria a ocorrência de cruzamentos entre indivíduos próximos. Contudo, os resultados obtidos ( $r^2 = 0,002$ ) revelaram uma relação inexpressiva (Tabela 06), o que leva a supor, que os valores de endogamia sejam gerados por outros fatores, como por exemplo, a ocorrência de cruzamentos não aleatórios ou endogâmicos.

**Tabela 06:** Correlação entre os índices de diversidade obtidos por parcela, para a média de 13 locos alozímicos analisados em uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

$r^2$	Densidade ( $D$ )	Alelos /loco ( $\hat{A}$ )	% de Locos Polimórficos ( $\hat{P}$ ) <sup>1</sup>	Heterozigosidade Observada ( $\hat{H}_o$ )	Heterozigosidade Esperada ( $\hat{H}_e$ ) <sup>2</sup>	Índice de Fixação ( $\hat{f}$ )
$D$	1	0,656	0,609	0,213	0,301	0,002
$\hat{A}$		1	0,883	-0,150	0,377	0,343
$\hat{P}$			1	-0,086	0,371	0,053
$\hat{H}_o$				1	-0,061	-0,844
$\hat{H}_e$					1	0,583
$\hat{f}$						1

<sup>1</sup> Critério  $p < 1$ . <sup>2</sup> Estimativa não viesada de Nei (1978).

Os cruzamentos endogâmicos podem ser causados pelo parentesco das plantas matrizes que compõem uma deme, pela fenologia da espécie, por condições ecológicas do microambiente (relevo, luminosidade, vegetação e etc.) ou ainda, pela ação conjunta destes fatores, obrigando os polinizadores a seguirem determinadas rotas pelo não florescimento sincronizado das matrizes que compõem a população.

A fenologia reprodutiva da espécie é caracterizada por um longo período de floração, aproximadamente cinco meses (Reis *et al.*, 1993 e Mantovani & Morellato, 2000), porém esta não é sincronizada entre todos os indivíduos, ocorrendo uma tendência a um período inicial com poucas plantas floridas, um aumento gradativo até um máximo e, finalmente, uma redução. Além disso, o palmitreiro apresenta variação entre anos em relação à quantidade de indivíduos que se reproduzem anualmente, bem como curta duração da floração masculina e feminina em uma inflorescência, de cinco a sete dias e de quatro a seis dias respectivamente (Mantovani & Morellato, 2000).

Estudando a distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais da espécie, Reis (1996a) também observou a ocorrência de cruzamentos não aleatórios, sendo estes considerados como a provável causa da endogamia presente nas progênies em seus estudos, bem como da heterogeneidade verificada nas frequências alélicas entre os gametas femininos e masculinos. Levando em conta estas considerações, percebe-se que a ocorrência de cruzamentos não aleatórios pode ser comum e de certa forma esperada para a espécie. Assim, a ocorrência destes cruzamentos poderia levar a estruturação genética espacial da população, sendo esta, uma provável causa dos níveis de endogamia encontrados.

Portanto, cabe destacar que, se as populações da espécie realmente apresentam estruturação, a amostragem de futuras populações deve ser bem distribuída pela área, envolvendo um número grande de plantas, de forma a evitar informações induzidas pela estruturação, como por exemplo, a amostragem de uma única deme ou demes semelhantes, uma vez que estas podem apresentar em média 67 indivíduos, distribuídos em aproximadamente 1,3 ha, conforme Reis *et al.* (2000). De qualquer forma, os resultados obtidos, indicam a necessidade da realização de estudos relativos à estrutura espacial em populações naturais de palmitreiro.



## **6.2. Efeito da variação no número de matrizes/ha pela simulação de diferentes intensidades de corte:**

### **6.2.1 Efeito nos índices de diversidade:**

A Tabela 07 apresenta os índices de diversidade médios para diferentes densidades de manejo. Os valores de cada densidade de manejo são o resultado da média de 1000 reamostragens nas diferentes intensidades (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 150 matrizes/ha), do grupo de 599 matrizes que caracterizam a área. Estas reamostragens visam representar as diferentes possibilidades de arranjos entre as plantas matrizes remanescentes após um evento de exploração. A densidade de 158 matrizes/ha não apresenta reamostragem e é referente à caracterização das 599 matrizes presentes nos 3,8 ha avaliados na área de estudo.

Com a observação dos valores de cada índice de diversidade para as diferentes intensidades de manejo, pode-se perceber que os valores médios são muito próximos (Tabela 07). Em virtude desta proximidade, bem como pelo intervalo de confiança, os valores médios dos índices heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada e índice de fixação não apresentaram-se diferentes nas intensidades de manejo avaliadas. Já os índices, número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos, apresentaram diferenças significativas nas menores classes de densidade.

O fato da média dos diferentes índices não apresentarem diferenças significativas nas simulações, já era de certa forma esperada, pois como a média da população para cada índice é o ponto intermediário de cada conjunto de dados, se os sorteios de cada grupo de plantas ocorrerem sem vício, existe igual chance de serem combinadas tanto plantas superiores como inferiores para cada índice, mantendo assim a mesma média (Figura 11). No entanto, cabe lembrar, que os índices número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos apresentaram nas classes inferiores de densidade, valores diferentes da média da população (Tabela 07). A diferenciação da média nestes índices, provavelmente deve ser causada pela redução crescente do número de alelos raros a medida em que a densidade também é reduzida, tornando cada vez mais improvável a chance de amostragem de alelos de baixa frequência, o que tende a deslocar gradativamente a média da população.

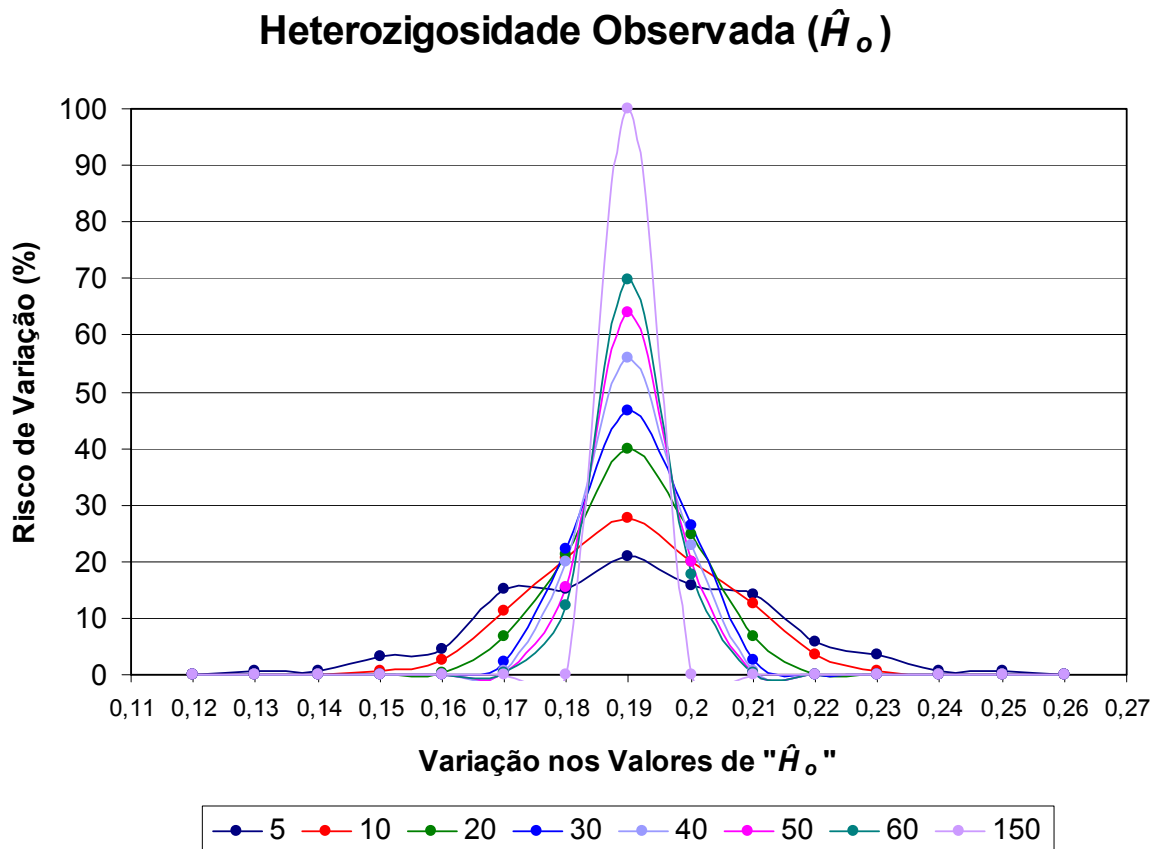
A porcentagem de locos polimórficos é dependente do número médio de alelos por loco, o que se justifica pela alta correlação observada entre estes índices (Tabela 06), e em função disso, a ausência de alelos raros nas menores classes de densidade também produz efeitos visíveis sobre a porcentagem de locos polimórficos.

Os índices heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada e índice de fixação, também são influenciados pela ausência de alelos raros, porém a influência é pequena, a ponto de não alterar significativamente a média da população, pois estes índices levam em consideração o número total de heterozigotos e os alelos raros em função de sua baixa frequência, pouco contribuem para estes valores. A pequena correlação apresentada entre o número médio de alelos por loco e as heterozigosidades observada, esperada e índice de fixação (Tabela 06), também justificam este comportamento.

**Tabela 07:** Índices de diversidade médios por intensidade de manejo a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Nº de Matizes/ha	Nº Médio Alelos/loco ( $\hat{A}$ )	% De Locos Polimórficos <sup>1</sup> ( $\hat{P}$ )	Heterozigosidade Observada ( $\hat{H}_o$ )	Heterozigosidade Esperada ( $\hat{H}_e$ ) <sup>2</sup>	Índice Fixação ( $\hat{f}$ )
158	2,100 a	69,23 a	0,1950 a (0,069) <sup>3</sup>	0,2160 a (0,070) <sup>3</sup>	0,0972 a *
150	2,100 a (2,100-2,100) <sup>4</sup>	69,23 a (69,23-69,23)	0,1948 a (0,1947-0,1949)	0,2164 a (0,2164-0,2164)	0,0998 a ** (0,0996-0,1000)
60	2,100 a (2,100-2,100)	69,23 a (69,23-69,23)	0,1949 a (0,1946-0,1952)	0,2164 a (0,2162-0,2166)	0,0990 a ** (0,0979-0,1001)
50	2,100 a (2,100-2,100)	69,23 a (69,23-69,23)	0,1949 a (0,1946-0,1952)	0,2164 a (0,2162-0,2166)	0,0990 a ** (0,0977-0,1003)
40	2,099 b (2,099-2,099)	69,23 a (69,23-69,23)	0,1949 a (0,1945-0,1953)	0,2164 a (0,2161-0,2167)	0,0995 a ** (0,0980-0,1010)
30	2,098 b (2,097-2,099)	69,20 a (69,17-69,23)	0,1949 a (0,1944-0,1954)	0,2163 a (0,2160-0,2166)	0,0990 a ** (0,0972-0,1008)
20	2,087 c (2,085-2,089)	68,98 b (68,90-69,06)	0,1948 a (0,1942-0,1954)	0,2164 a (0,2160-0,2168)	0,0998 a ** (0,0975-0,1021)
10	2,031 d (2,026-2,036)	67,15 c (66,93-67,37)	0,1949 a (0,1940-0,1958)	0,2162 a (0,2156-0,2168)	0,0981 a ** (0,0946-0,1016)
5	1,932 e (1,926-1,938)	63,18 d (62,85-63,51)	0,1947 a (0,1934-0,1960)	0,2156 a (0,2147-0,2165)	0,0960 a ** (0,0911-0,1009)

<sup>1</sup> Critério  $p < 1$ . <sup>2</sup> Estimativa não viesada de Nei (1978). <sup>3</sup> Erro padrão da média. <sup>4</sup> Intervalo de Confiança, obtido com 1000 reamostragens. \* Valor significativo pelo teste de  $X^2$ . \*\* Valor Significativo pelo teste intervalo de confiança. **abcde** = Valores com mesma letra dentro do mesmo índice, não são significativamente diferentes. Valores com letras diferentes dentro do mesmo índice, são estatisticamente diferentes.



**Figura 11** – Valores da heterozigosidade observada, evidenciando a manutenção da média da população nas diferentes densidades de manejo. NPFT/UFSC, Florianópolis, SC, 2004.

Em decorrência da variação no número de matrizes bem como da própria variação de cada índice, percebe-se que a resposta dos índices frente a mudanças na densidade é variável. Índices como o número médio de alelos por loco, bem como a porcentagem de locos polimórficos evidenciam ter uma relação muito mais direta com a densidade do que as medidas de heterozigosidade e índice de fixação para com esta (Tabela 06 e 07).

Ao contrário dos demais índices apresentados na Tabela 07, os valores referentes ao número médio de alelos por loco e os valores referentes à porcentagem de locos polimórficos seguem um padrão variável, ou seja, diminuem com a redução do número de matrizes por hectare (Figura 12). Porém a redução destes valores para o número médio de alelos por loco só ocorre quando a densidade torna-se inferior a 50 matrizes/ha, o que indica a ocorrência de efeitos de redução da diversidade nestas densidades de manejo. Para a porcentagem de locos polimórficos, a redução destes valores só ocorre quando a densidade torna-se inferior a 30 matrizes/ha, indicando também, a ocorrência de efeitos de redução da diversidade.

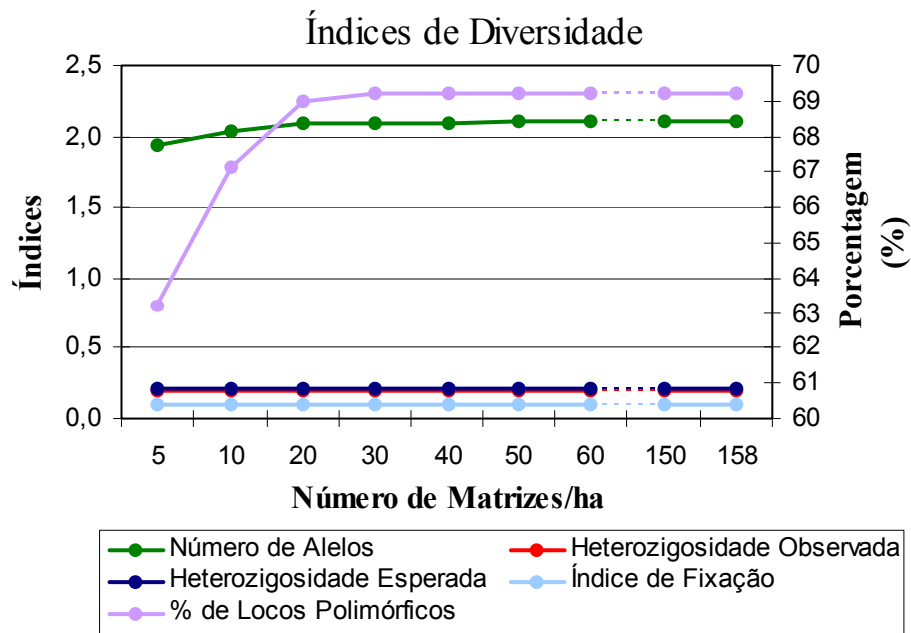
De maneira geral, índices altos para o número médio de alelos por loco, bem como para a porcentagem de locos polimórficos apresentam-se vinculados a maiores densidades (alta correlação, Tabela 06), sendo este comportamento facilmente compreendido, onde alelos mais raros, isto é, alelos que apresentam freqüências baixas (0,25 a 0,05), têm uma probabilidade menor de serem representados em amostragens pequenas. Para a porcentagem de locos polimórficos a lógica é a mesma. Para um loco ser considerado polimórfico é necessário que existam dois ou mais alelos, logo, como existem alelos de baixa freqüência e estes possuem uma probabilidade menor de serem representados em amostragens pequenas, aumenta nestas amostras a probabilidade de não serem representados estes polimorfismos.

A estabilização nos valores dos índices número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos em densidades iguais ou superiores a 50 e 30 matrizes/ha respectivamente, (Tabela 07 e Figura 12) é explicada pelo fato de que o número de alelos é finito, bem como o de locos polimórficos, logo, amostragens grandes têm maior probabilidade de representá-los. Apesar de maiores valores para o número médio de alelos por loco, bem como para a porcentagem de locos polimórficos serem mais comumente encontrados em densidades mais altas, baixos valores para estes índices também podem ser encontrados (Tabela 05), pois mesmo em áreas densas estes alelos podem estar ausentes.

Os valores médios da heterozigosidade observada e esperada nas diferentes densidades de manejo não apresentaram variação (Tabela 07 e Figura 12), o que se justifica pela baixa correlação observada com a densidade (Tabela 06). No entanto, os valores da heterozigosidade observada apresentaram-se sempre inferiores aos da heterozigosidade esperada, o que indica a ocorrência de endogamia (Tabela 07).

Os valores do índice de fixação  $\hat{f}$  em todas as intensidades de manejo foram iguais e significativos, indicando a ocorrência de aproximadamente 10% de endogamia (Tabela 07).

As Tabelas de 08 a 12 e as Figuras 13 a 22 evidenciam que, apesar das médias das diferentes intensidades de manejo não apresentarem diferenças para todas as densidades nos índices estudados, observando-se os valores máximos, mínimos, desvios da média e risco de redução de diversidade para cada densidade, percebe-se que as intensidades de manejo podem apresentar conseqüências diferentes na população. Os valores de máximo, mínimo, desvios da média, bem como do risco de redução de diversidade apresentam-se desta maneira, como importantes indicadores do comportamento de cada densidade de manejo, pois indicam o risco à diversidade em cada situação.



**Figura 12:** Índices de diversidade médios por intensidade de manejo a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

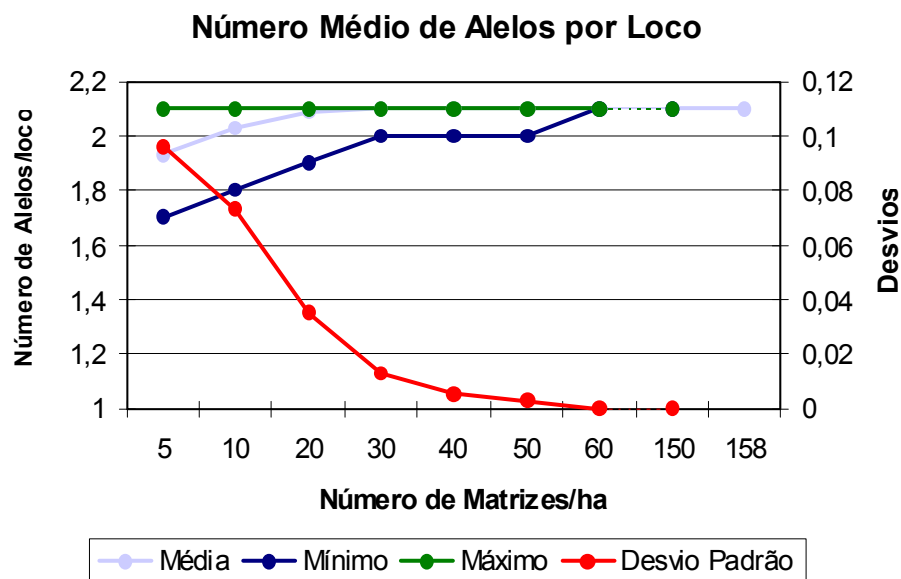
Na Tabela 08 e na Figura 13, são apresentados os resultados referentes à variação nos valores de máximo, mínimo, desvio padrão e risco de redução de diversidade para o número médio de alelos por loco nas diferentes densidades de manejo. Tais resultados evidenciam que, conforme esperado, quanto menor a densidade de matrizes por hectare maiores os riscos de redução de diversidade, bem como os desvios da média e as distâncias dos valores máximos e mínimos em relação à média.

A Tabela 08 e a Figura 13 evidenciam também que, em densidades iguais ou superiores a 60 matrizes/ha não ocorrem mais amostras diferentes da média da população. Em outras palavras, em todas as 1000 reamostragens na densidade de 60 matrizes/ha houve a representação de todos os alelos estudados da população, o que indica que esta densidade ou densidades superiores a 60 matrizes/ha não apresentam risco de redução de diversidade, ou seja, não há perda de alelos (Tabela 08 e Figura 14).

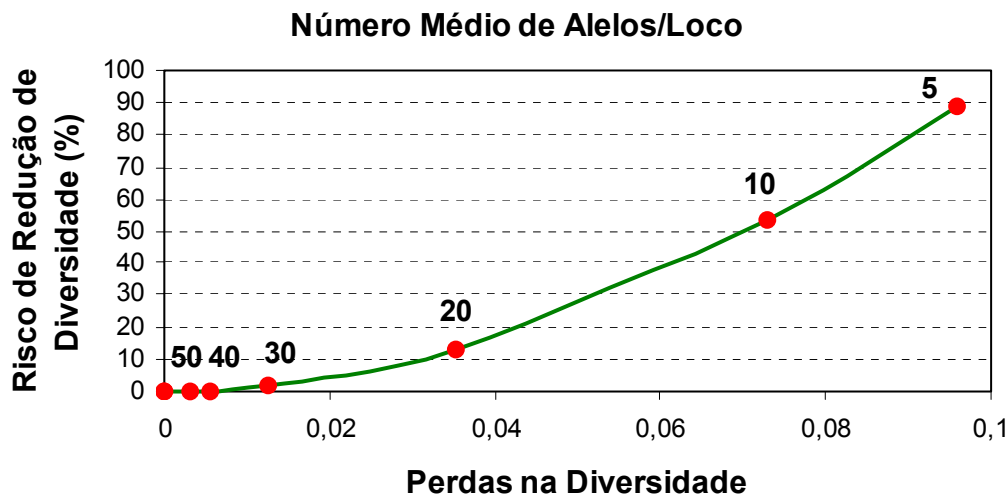
**Tabela 08:** Variação no número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Nº Médio de Alelos/loco	Número de Matrizes /ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
<b>Média</b>	1,932	2,031	2,087	2,098	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
<b>Mínimo</b>	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	-
<b>Máximo</b>	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	-
<b>Desvio Padrão</b>	0,0959	0,0731	0,0353	0,0126	0,0055	0,0032	0	0	-
<b>RRD*</b>	88,6	53,5	12,7	1,6	0,3	0,1	0	0	0

\*RRD = risco de redução de diversidade, referente ao percentual de amostras localizadas abaixo da média da população em cada densidade de manejo.



**Figura 13:** Variação no número médio de alelos por loco ( $\hat{A}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.



**Figura 14:** Risco de redução de diversidade e perdas na diversidade para o número médio de alelos por loco em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

As densidades de manejo de 30, 40 e 50 matrizes/ha, ao contrário das densidades de 60 matrizes/ha ou superiores, apresentaram perdas alélicas, que são visualizadas na Tabela 08 pelos valores de desvio padrão, no entanto estas perdas foram baixas, o que também se verifica para o risco de sua ocorrência, sendo respectivamente de apenas dezesseis, três e uma situação em 1000. Neste sentido, de acordo com este índice, estas densidades também poderiam ser recomendadas para planos de manejo sustentável. Por outro lado, as densidades de 5, 10 e 20 matrizes/ha apresentaram alto risco de perdas alélicas (>10%), bem como, altas perdas de diversidade (>0,035), sendo portanto, não recomendadas (Tabela 08 e Figura 14).

Comparando uma população natural com uma manejada de *T. cassinoides*, Sebbenn *et al.* (2000), observaram que na população manejada onde eram mantidas apenas 20 matrizes/ha, alguns alelos estavam ausentes, devido ao manejo predatório, e em virtude destas perdas, sugerem a manutenção de ao menos 60 matrizes/ha. Estudando uma população de Cambuí (*Miconia cinnamomifolia*), Pereira (2002), observou através de simulações de corte, que quando o número de matrizes amostradas era reduzido de 95 para 49 indivíduos, ocorria a perda de alelos de baixa frequência (0,006 e 0,007). No entanto, quando a população era reduzida a 78 indivíduos reprodutivos, estas perdas alélicas não ocorriam.

Sebbenn (2002), estudando o número de matrizes para a coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas, recomenda a adoção de tamanhos efetivos de 50, 100 e 1000 indivíduos, conforme o tamanho da área a ser reflorestada. E argumenta que estes tamanhos efetivos são suficientes para evitar a perda de alelos com frequência igual ou superior a 0,05. A perda de alelos em espécies vegetais, causada pela redução do tamanho efetivo, também foi observada por Billington (1991), Ouborg *et al.* (1991), Hamrick (1991), Mori (1993), Souza (1997), Frankham (1996), Lande (1999), White *et al.* (1999) e Vasconcelos (2002).

A variação na porcentagem de locos polimórficos (Tabela 09 e Figura 15), segue o mesmo padrão do número médio de alelos por loco, ou seja, os desvios da média bem como a distância dos valores máximos e mínimos e risco de redução de diversidade aumentam com a redução do número de matrizes por hectare.

Pela observação da Tabela 09, percebe-se que os efeitos causados pela alteração na densidade de indivíduos reprodutivos sobre o índice número de locos polimórficos somente são percebidos até a densidade de 30 matrizes/ha. Já para o índice número médio de alelos por loco (Tabela 08), os efeitos desta redução são percebidos até a densidade de 50 matrizes/ha. Neste sentido, estas evidências permitem concluir que alterações causadas pela mudança na densidade de indivíduos reprodutivos primeiramente sejam percebidas no índice número médio de alelos por loco. Esta diferença na sensibilidade dos dois índices se deve ao fato de que o primeiro efeito é na perda de alelos de menor frequência e a porcentagem de locos polimórficos não leva em consideração a frequência de todos os alelos e sim a presença de no mínimo dois alelos por loco.

Pela observação da Tabela 09 e Figura 16, percebe-se que em densidades iguais ou superiores a 40 matrizes/ha não ocorrem mais amostras com valores diferentes da média da população, portanto, densidades de 40 matrizes/ha ou superiores não apresentam risco de redução de diversidade para o índice número de locos polimórficos, ou seja, nestas densidades não ocorre mais a fixação de alelos (Tabela 09 e Figura 16).

As densidades de manejo de 20 e 30 matrizes/ha apresentaram risco de redução na diversidade, no entanto estas reduções foram de baixo impacto (Tabela 9 e Figura 16). Neste sentido, estas densidades de manejo, com base neste índice, também podem ser recomendadas para o uso sustentável deste recurso. Já as densidades de 5 e 10 matrizes/ha, em virtude das perdas apresentadas e principalmente pelo alto risco que oferecem, não devem ser adotadas.

Em uma população manejada de *T. cassinoides*, onde eram mantidas apenas 20 matrizes/ha, Sebbenn *et al.* (2000), pela comparação com uma população natural, também



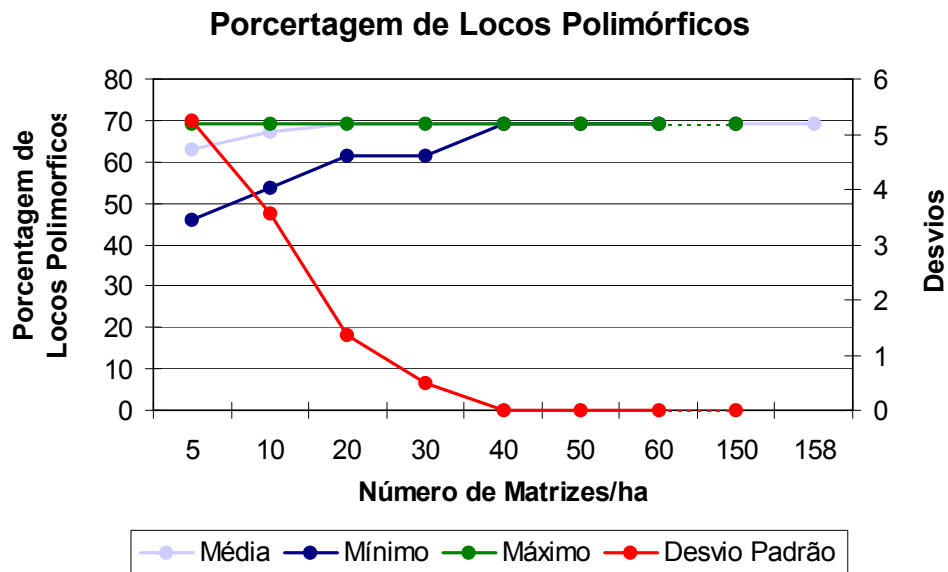
observou a redução na porcentagem de locos polimórficos. Billington (1991), estudando populações de uma conífera arbustiva *Halocarpus bidwillii*, também observou que a porcentagem de locos polimórficos diminuía com a redução do tamanho das populações da espécie, fato que também foi observado por Paschke *et al.* (2002) em populações de *Cochlearia bavarica*, uma Brassicaceae perene encontrada na Alemanha e por Cruzan (2001) em populações de *Scutellaria montana*, uma espécie herbácea perene de florestas decíduas norte-americanas.

**Tabela 09:** Variação na porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ) (critério  $p < 1$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

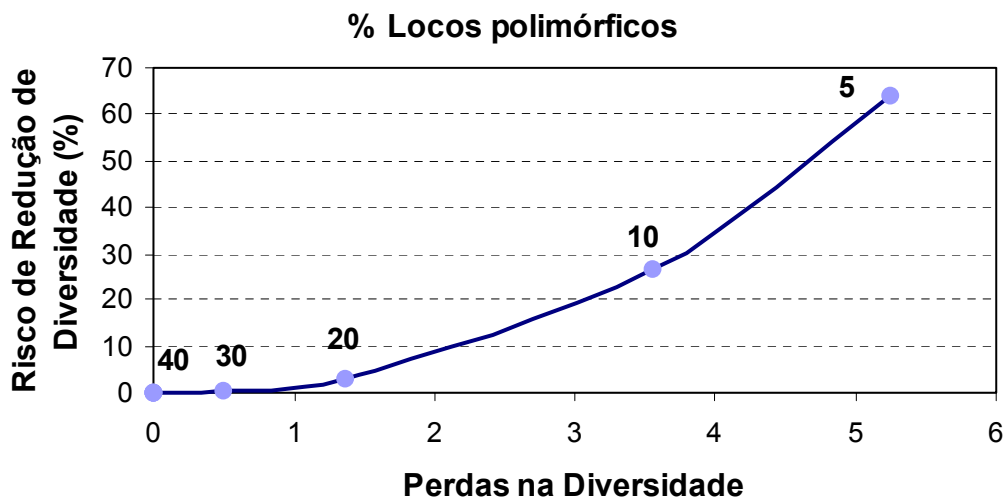
% de Locos Polimórficos	Número de Matrizes /ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
<b>Média</b>	63,18	67,15	68,99	69,2	69,23	69,23	69,23	69,23	69,23
<b>Mínimo</b>	46,15	53,85	61,54	61,54	69,23	69,23	69,23	69,23	-
<b>Máximo</b>	69,23	69,23	69,23	69,23	69,23	69,23	69,23	69,23	-
<b>Desvio Padrão</b>	5,25*	3,56	1,36	0,49	0	0	0	0	-
<b>RRD*</b>	64,2	26,3	3,2	0,4	0	0	0	0	0

\*RRD = risco de redução de diversidade, referente ao percentual de amostras localizadas abaixo da média da população em cada densidade de manejo.

\* Valores de desvio padrão em percentual, em virtude do índice de diversidade ser uma porcentagem.



**Figura 15:** Variação na porcentagem de locos polimórficos ( $\hat{P}$ ) (critério  $p < 1$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Eutерpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.



**Figura 16:** Risco de redução de diversidade e perdas na diversidade para a porcentagem de locos polimórficos em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Eutерpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Os valores referentes a heterozigiosidade observada (Tabela 10 e Figura 17) seguem o mesmo padrão de variação que os demais índices apresentados, ou seja, os desvios da média bem como a distância dos valores máximos e mínimos, e risco de redução de diversidade aumentam com a redução do número de matrizes por hectare. Contudo, observa-se que até mesmo em densidades muito altas, 150 matrizes/ha ocorrem valores diferentes da média da população. Neste sentido, ao contrario do observado para número médio de alelos por loco e para o número de locos polimórficos, todas as densidades de manejo estudadas apresentaram possibilidade de perdas e riscos de redução da diversidade, o que sugere uma maior sensibilidade deste índice em detectar efeitos causados pela variação no número de indivíduos reprodutivos.

Observando-se a redução média da diversidade (Tabela 10), para diferentes intensidades de manejo, percebe-se que as densidades de 50 e 60 matrizes/ha apresentam-se muito semelhantes, principalmente se considerado também os valores do risco de redução da diversidade (Tabela 10 e Figura 18), o que configura estas densidades, devido as menores perdas e riscos como as mais indicadas para este índice. Estas densidades apresentam alto risco de redução na diversidade (Figura 18), ou seja, dependendo da densidade (50 ou 60 matrizes/ha), 27 ou 25% das situações, teriam chance de apresentar valores de heterozigiosidade observada abaixo do comportamento médio da população. Porém, a redução média da diversidade seria relativamente baixa, em torno de 0,0046 (2,4%) e 0,004 (2,1%) (Tabela 10 e Figura 18). Contudo, os valores observados para a redução máxima da diversidade para estas mesmas densidades apresentam-se elevados (Tabela 10), em torno de 9,8 e 8,3% respectivamente; entretanto, devido à baixa probabilidade de ocorrerem, uma em 1000, não devem despertar preocupações. Desta maneira, percebe-se que embora o risco de redução da diversidade exista para heterozigiosidade observada, as perdas ocorridas na densidade de 50 e 60 matrizes/ha são em média, de baixo impacto.

Nas demais densidades (5 a 40 matrizes/ha), os valores da redução média da diversidade foram elevados e se somados ao elevado risco que oferecem (Figura 18), comprometem a sustentabilidade dos sistemas de manejo, sendo, portanto, não recomendadas. Pois, conforme discute Reis (1996b), a manutenção de elevados níveis de heterozigiosidade, favorecem a persistencia da dinâmica populacional e a possibilidade de seleção nas coortes, levando a populações de adultos com maior diversidade, a qual poderá gerar novamente progênes com características desejáveis de variabilidade, mantendo, portanto, a dinâmica e estrutura populacional da espécie.

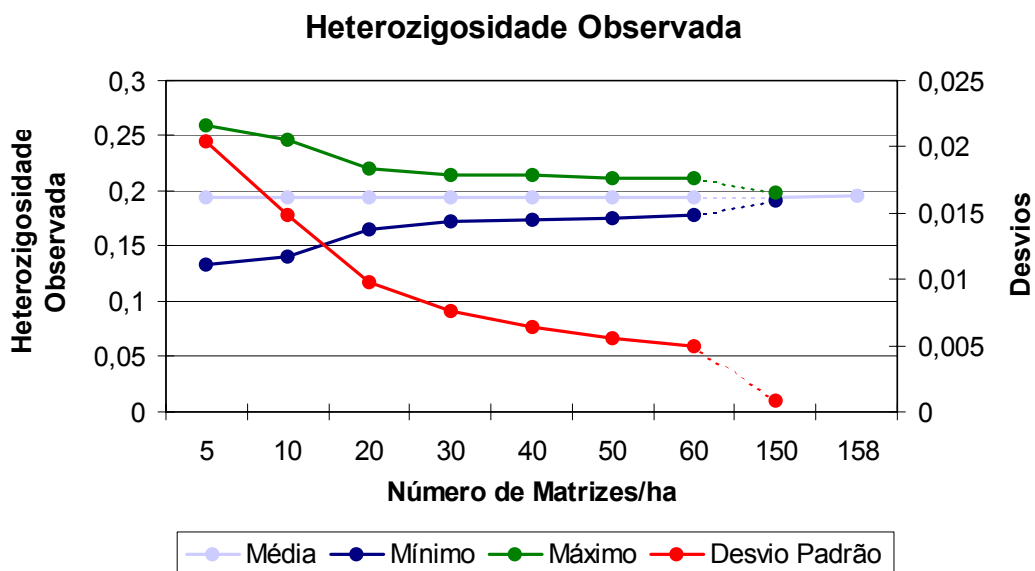
**Tabela 10:** Variação na heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Heterozigosida- de observada	Número de Matrizes /ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
<b>Média</b>	0,1947	0,1949	0,1948	0,1949	0,1949	0,1949	0,1949	0,1948	0,195
<b>Mínimo</b>	0,134	0,140	0,165	0,173	0,174	0,175	0,178	0,192	-
<b>Máximo</b>	0,259	0,246	0,220	0,215	0,215	0,211	0,211	0,198	-
<b>Desvio Padrão</b>	0,0204	0,0148	0,0098	0,0076	0,0064	0,0055	0,0049	0,0009	-
<b>RMD<sup>1</sup></b>	0,0195	0,0139	0,0089	0,0067	0,0055	0,0046	0,0040	0,0000	-
<b>RMXD<sup>2</sup></b>	0,0601	0,0541	0,0291	0,0211	0,0201	0,0191	0,0161	0,0021	-
<b>RRD<sup>3</sup></b>	45,4	40,9	36,7	32,8	30,7	26,7	25,0	0	0

<sup>1</sup> RMD = Redução Média de Diversidade, referente ao desvio padrão de cada intensidade de manejo, menos o desvio padrão natural da população (0,0009).

<sup>2</sup> RMXD = Redução máxima de diversidade, referente à média da população (0,195), menos o desvio padrão natural da população (0,0009), menos o valor mínimo em cada intensidade de manejo.

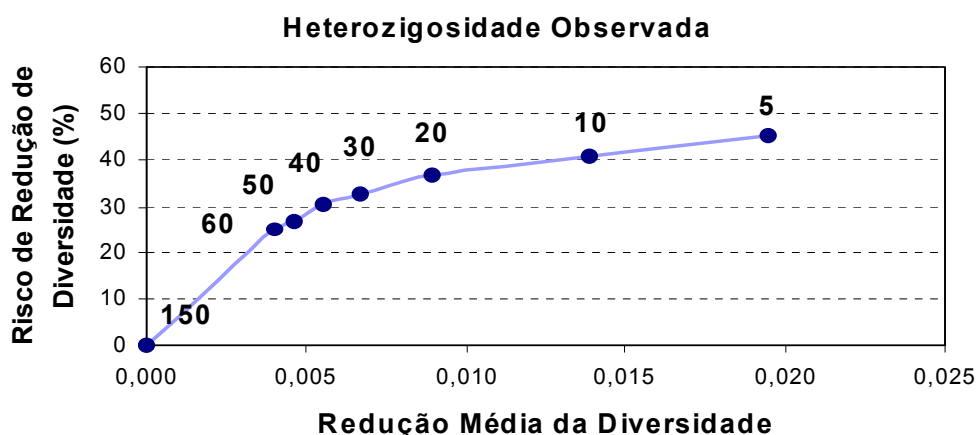
<sup>3</sup> RRD = Risco de Redução de Diversidade, referente ao percentual de amostras localizadas abaixo da média da população, menos a variação natural apresentada pela população. { % Amostras < (0,195 - 0,0009) }.



**Figura 17:** Variação na heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

A opção por densidades mais conservadoras (altas) se deve ao fato de que a alteração no número de heterozigotos em uma população pode levar a um comprometimento na diversidade genética nas futuras gerações, com aumento da endogamia. Elevados valores de heterozigosidade são uma evidencia de alto estoque genético e a redução no seu valor esta ligada a efeitos indesejáveis, que podem resultar no declínio das populações. Além disso, não se conhece seguramente o quanto desta heterozigosidade pode ser reduzida, o que leva a concluir que a heterozigosidade é um ponto crítico e que atitudes conservadoras podem ser essenciais quando decisões a serem tomadas ainda não apresentam um embasamento científico suficiente para possibilitar uma escolha com segurança.

O embasamento científico mais sólido encontrado para tentar trazer mais segurança nesta tomada de decisão é apresentado Wright (1931), que sugere que uma população com um tamanho efetivo de 50 indivíduos apresentaria perdas na heterozigosidade de 1% por geração, o que possibilitaria a conservação genética a curto prazo (10 gerações). Com base nisso, as perdas de 2,4 e 2,1% apresentadas pelas densidades de 50 e 60 matrizes/ha no evento do manejo, de acordo com a lógica de Wright (1931), poderiam reduzir a sobrevivência da espécie em 2 gerações (subestimadamente 40 anos). Já as demais densidades, como por exemplo, 5 e 40 matrizes/ha apresentariam redução de 10 e três gerações respectivamente. Neste sentido, mesmo analisando-se a questão de acordo com as proposições de Wright (1931), as densidades de 50 e 60 matrizes/ha seriam as mais indicadas. Contudo, a continuidade dos estudos nesta linha torna-se necessária para esclarecer esta questão.



**Figura 18:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para a heterozigosidade observada em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

O comportamento da heterozigosidade esperada (Tabela 11 e Figura 19) é muito semelhante ao da heterozigosidade observada, pois os desvios da média, bem como a distância dos valores máximos e mínimos e risco de redução da diversidade também aumentam com a redução do número de matrizes por hectare. A redução média e máxima na diversidade, bem como os valores do desvio padrão e risco de redução da diversidade obtidos na heterozigosidade esperada, foram menores que os observados na heterozigosidade observada, sugerindo que alterações causadas pela mudança na densidade de indivíduos reprodutivos primeiramente sejam percebidas na heterozigosidade observada.

Analisando-se o risco de redução da diversidade para a heterozigosidade esperada (Tabela 11 e Figura 20), percebe-se que a densidade de 60 matrizes/ha é a mais indicada entre as estudadas, pois apresenta menor risco de perdas na diversidade que as demais (20%). No entanto, a diferença entre esta densidade e as densidades de 40 e 50 matrizes/ha é pequena, apenas 5% (Tabela 11 e Figura 20). Observando-se os valores da redução média da diversidade (Tabela 11 e Figura 20), percebe-se que as densidades de 50 e 60 matrizes/ha são bastante próximas, o que torna pouco importante a diferença de 5% observada no risco de redução da diversidade entre elas. Neste sentido, a densidade de 50 matrizes/ha também poderia ser indicada para o uso em planos de manejo sustentável.

A densidade de 40 matrizes/ha apresenta-se próxima a de 50 matrizes/ha quanto à redução média na diversidade, porém esta redução é 37% maior que a apresentada pela densidade de 60 matrizes/ha. Neste sentido a intensidade de manejo de 40 matrizes/ha foi considerada inferior e inadequada. Além disso, observando-se a Figura 20, quanto ao risco de redução na diversidade para a densidade de 40 matrizes/ha, percebe-se que este possa estar subestimado, devido a seu desvio ao modelo estabelecido pelas demais intensidades de manejo, o que também justificaria esta atitude.

As demais densidades, 5 a 30 matrizes/ha, apresentaram maiores valores para a redução média da diversidade, bem como para o risco de redução da diversidade (Figura 20), sendo por tanto não recomendadas. A opção por densidades maiores para este índice, também se deve a importância da manutenção de níveis elevados de diversidade genética, bem como pelo pouco conhecimento existente sobre quanto desta heterozigosidade poderia ser reduzida.

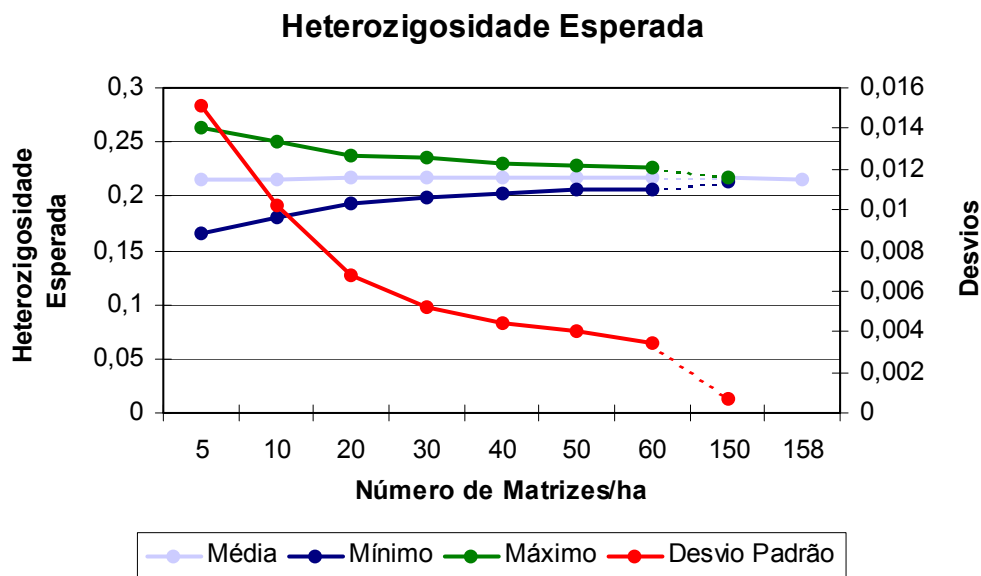
**Tabela 11:** Variação na heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Heterozigosida- de esperada	Número de Matrizes /ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
<b>Média</b>	0,2156	0,2162	0,2164	0,2163	0,2164	0,2164	0,2164	0,2164	0,216
<b>Mínimo</b>	0,165	0,181	0,193	0,198	0,203	0,206	0,207	0,214	-
<b>Máximo</b>	0,264	0,250	0,237	0,236	0,230	0,228	0,226	0,218	-
<b>Desvio Padrão</b>	0,0151	0,0102	0,0068	0,0052	0,0044	0,0040	0,0034	0,0007	-
<b>RMD<sup>1</sup></b>	0,0144	0,0095	0,0061	0,0045	0,0037	0,0033	0,0027	0,0000	-
<b>RMXD<sup>2</sup></b>	0,0503	0,0343	0,0223	0,0173	0,0123	0,0093	0,0083	0,0013	-
<b>RRD<sup>3</sup></b>	45,1	39	33,7	29,3	25,3	25	20,3	0	0

<sup>1</sup> RMD = Redução Média de Diversidade, referente ao desvio padrão de cada intensidade de manejo, menos o desvio padrão natural da população (0,0007).

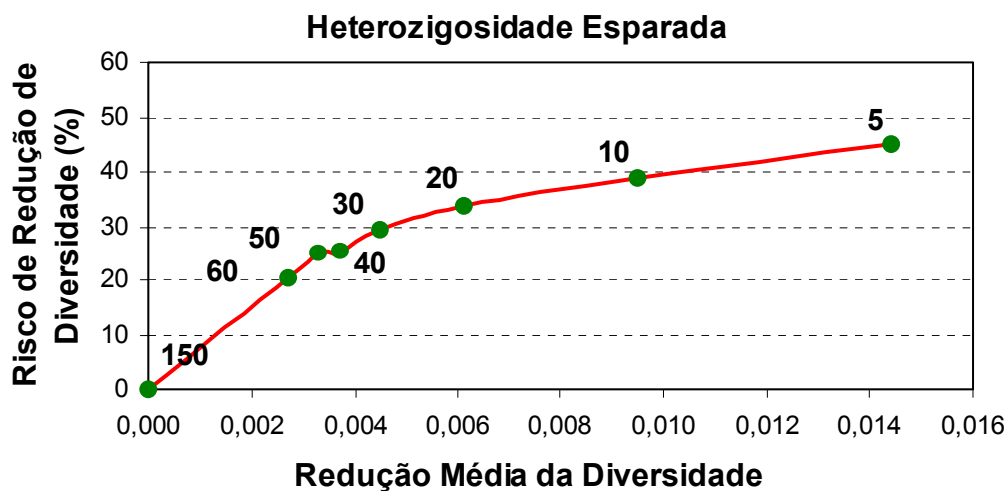
<sup>2</sup> RMXD = Redução máxima de diversidade, referente à média da população (0,216), menos o desvio padrão natural da população (0,0007), menos o valor mínimo em cada intensidade de manejo.

<sup>3</sup> RRD = Risco de Redução de Diversidade, referente ao percentual de amostras localizadas abaixo da média da população, menos a variação natural apresentada pela população. { % Amostras < (0,216 - 0,0007) }.



**Figura 19:** Variação na heterozigosidade esperada ( $\hat{H}_e$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

As densidades de 50 e 60 matrizes/ha, mesmo sendo as mais indicadas, apresentaram alto risco de redução na diversidade, 25 e 20% respectivamente (Figura 20), neste sentido, dependendo da densidade de manejo, 25 ou 20% dos planos de manejo realizados teriam chance de apresentar valores de heterozigosidade esperada abaixo do comportamento médio da população. No entanto, a redução média da diversidade para estes planos de manejo seria relativamente baixa, em torno de 0,0033 (1,5%) e 0,0027 (1,3%) (Tabela 11 e Figura 20). Os valores observados para a redução máxima da diversidade para estas mesmas densidades, também se apresentaram relativamente baixos (Tabela 11), em torno de 4,3 e 3,8% respectivamente, especialmente se comparados aos obtidos na heterozigosidade observada. Além disso, estes valores também apresentaram baixa probabilidade de ocorrência, uma em 1000, e por isso não devem despertar preocupações. Desta maneira, percebe-se que embora o risco de perda de diversidade genética exista e seja alto para heterozigosidade esperada, as perdas ocorridas nas densidades de 50 e 60 matrizes/ha apresentam, em média, baixo impacto.



**Figura 20:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para a heterozigosidade esperada em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Sebbenn *et al.* (2000), estudando uma população manejada de *Tabebuia casinoides*, onde eram mantidas apenas 20 matrizes/ha como porta sementes, também observou reduções na heterozigosidade observada e esperada. No entanto, Vergeer *et al.* (2003), estudando 17



populações de *Succisa pratensis* em relação ao tamanho populacional e a variabilidade genética, observaram apenas correlação positiva e significativa entre o tamanho populacional e a heterozigosidade observada, para a heterozigosidade esperada não foi observado correlação. Ouborg *et al.* (1991) e Frankham (1996), também observaram redução na heterozigosidade observada quando o tamanho populacional foi diminuído.

Os valores do índice de fixação (Tabela 12 e Figura 21) também seguem o mesmo gradiente que os demais índices, porém destacam-se por apresentarem pequena redução nos desvios da média na medida em que a densidade aumenta, encontrando-se até mesmo desvios de 0,0038 (3,85%) em densidades de 150 matrizes/ha. Os elevados valores de desvio padrão detectados nesta densidade sugerem a alta sensibilidade deste índice em detectar os efeitos da redução do número de matrizes. Além disso, quando comparados com os valores do desvio padrão apresentados pela heterozigosidade observada (Tabela 10), evidenciam que alterações causadas pela mudança na densidade de indivíduos reprodutivos, bem como o efeito do sistema reprodutivo e subdivisão, sejam primeiramente percebidas no índice de fixação.

A densidade de manejo de 60 matrizes/ha se apresenta novamente como a mais indicada por este índice (menor risco e perdas), porém ainda oferece um risco alto de redução na diversidade 25% (Tabela 12 e Figura 22), ou seja, 25% dos planos de manejo realizados nesta densidade tem chance de apresentarem valores de endogamia superiores aos apresentados pela média da população. O que ocasionaria a estes planos de manejo, aumentos médios na endogamia de 0,0145 e máximos de 0,0532, elevando os valores de endogamia de 0,1025 para 0,117 em média, e para 0,1557 em casos extremos (uma em 1000). Neste sentido, percebe-se que tanto a redução média da diversidade, como a redução máxima, podem ser elevadas, porém os valores da redução máxima tem baixa probabilidade de ocorrer, apenas uma chance em 1000, e por isso não devem resultar em maiores preocupações. No entanto a redução média da diversidade tem alta probabilidade, o que é preocupante, pois 25% dos sistemas de manejo realizados na densidade de 60 matrizes/ha apresentariam valores de endogamia superiores à média da população.

Comparando-se as densidades de 60 e 150 matrizes/ha, quanto aos valores de desvio padrão (Tabela 12), percebe-se que para serem obtidas densidades de manejo com perdas e riscos de redução da diversidade menores para os valores de endogamia, o número de matrizes/ha teria que em muito ser aumentado, comprometendo até mesmo a realização do manejo. Neste sentido, a redução média na diversidade apresentada pelas densidades de 50 e 60 matrizes/ha, estabelecem-se como o custo da realização do manejo. Considerando que a endogamia altera os valores de heterozigosidade, bem como o número médio de alelos por

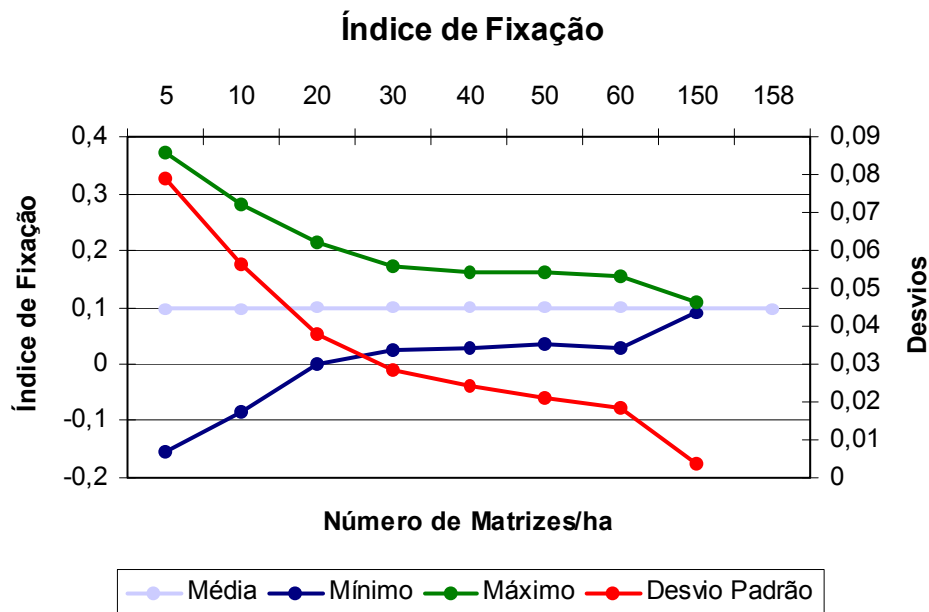
**Tabela 12:** Variação no índice de fixação ( $\hat{f}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Índice de Fixação	Número de Matrizes /ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
<b>Média</b>	0,096	0,0981	0,0998	0,099	0,0995	0,0990	0,0990	0,0998	0,0987
<b>Mínimo</b>	-0,156	-0,085	0,0000	0,0227	0,0282	0,033	0,0283	0,0880	-
<b>Máximo</b>	0,3734	0,2821	0,2143	0,1743	0,1643	0,1619	0,1557	0,1111	-
<b>Desvio Padrão</b>	0,0788	0,0564	0,0375	0,0284	0,0240	0,0207	0,0183	0,0038	-
<b>RMD<sup>1</sup></b>	0,0750	0,0526	0,0337	0,0246	0,0202	0,0169	0,0145	0,0000	-
<b>RMXD<sup>2</sup></b>	0,2709	0,1796	0,1118	0,0718	0,0618	0,0594	0,0532	0,0086	-
<b>RRD<sup>3</sup></b>	42,4	40,8	37,3	32,5	32,5	29,4	24,9	0	0

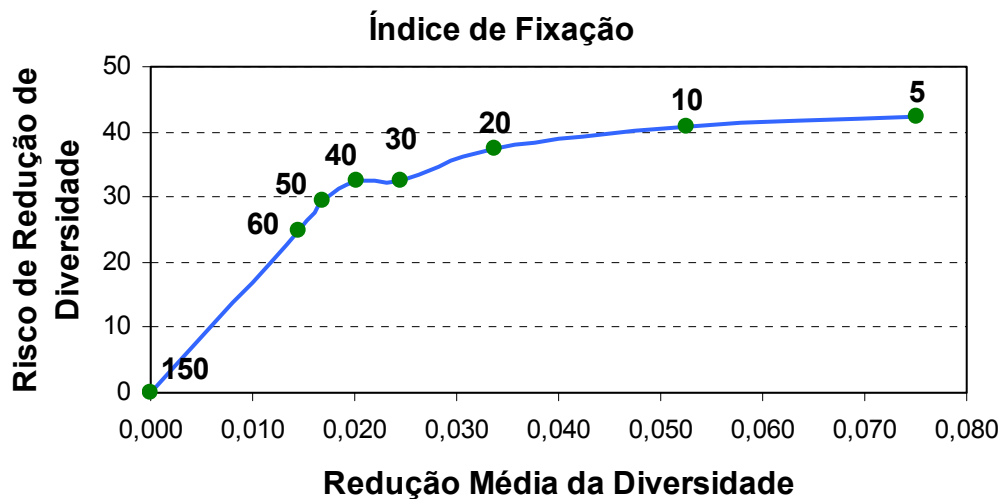
<sup>1</sup> RMD = Redução Média de Diversidade, referente ao desvio padrão de cada intensidade de manejo, menos o desvio padrão natural da população (0,0038).

<sup>2</sup> RMXD = Redução máxima de diversidade, referente ao valor máximo em cada intensidade de manejo, menos a média da população (0,0987), menos o desvio padrão natural da população (0,0038).

<sup>3</sup> RRD = Risco de Redução de Diversidade, referente ao percentual de amostras localizadas acima da média da população, mais a variação natural apresentada pela população. { % Amostras > (0,0987 + 0,0038) }.



**Figura 21:** Variação no índice de fixação ( $\hat{f}$ ) em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.



**Figura 22:** Risco de redução de diversidade e redução média da diversidade para o índice de fixação em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens a partir de 13 locos alozímicos analisados para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

loco e porcentagem de locos polimórficos, e que esta influencia esteja provavelmente incluída nas simulações de manejo destes índices mencionados, percebe-se que para as densidades de 50 e 60 matrizes/ha, em virtude de não terem apresentado problemas pela redução na densidade nos demais índices estudados, este custo possa ser aceitável.

As demais densidades de manejo, de 5 a 40 matrizes/ha, apresentaram elevadas perdas e riscos de redução na diversidade para o índice de fixação, bem como para alguns dos demais índices estudados e em virtude disso não são recomendadas.

Relações entre a redução do tamanho populacional e o aumento da endogamia também foram observadas por Sebbenn *et al.* (2000) em densidades de manejo de 20 matrizes/ha em populações de *T. casinoides*. Fato semelhante foi observado por Seoane *et al.* (2000), em estudos sobre o efeito da fragmentação florestal na estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa* (guarantã), onde fragmentos menores apresentaram maiores níveis de endogamia. Aumentos na endogamia ocasionados pela redução do tamanho efetivo populacional, também foram discutidos por Barrett & Kohn (1991), Lande (1999) e Vergeer (2003).

### 6.2.2 Efeito nas frequências alélicas:

Neste item cabe ressaltar que os alelos trabalhados foram considerados neutros, ou seja, suas diversas formas conferem o mesmo valor adaptativo aos indivíduos, estando portanto, livres de seleção (Robinson, 1998; Hedrick, 1997; Britten, 1996; Torgler, 1995; Hamrick, 1982 e Kimura, 1968). Contudo, Conte (2001), estudando a genética do recrutamento em diferentes categorias de desenvolvimento para plantas de palmitreiro, apresenta evidências nos locos Pgdh-2, Mdh-1, G6pdh e Prx-5 de seleção em favor dos heterozigotos. O que também foi observado por Conte (2004), nos locos G6pdh-1, Pgdh-2 e Prx-3, na população presente na FLONA de Ibirama.

As Tabelas de 13 a 21 apresentam as variações nas frequências alélicas em diferentes intensidades de manejo nos nove locos que apresentaram polimorfismos. Nas tabelas mencionadas pode-se perceber que, a medida em que se reduz o número de matrizes/ha, aumenta proporcionalmente o valor dos desvios da média, o risco de perda de alelos ( $RP\hat{A}$ ), o risco de redução da diversidade (RRD), bem como a distância dos valores máximos e mínimos em relação à frequência média da população.

Nestas tabelas, observa-se também perda e fixação de alelos, sendo detectadas perdas nas densidades de 5 a 50 matrizes/ha e a fixação nas densidades de 5 a 30 matrizes/ha. Esta diferença de densidade entre perda e fixação de alelos deve-se ao fato de que a fixação de um alelo depende da perda dos demais alelos presentes no loco, já a perda de alelos depende apenas da frequência individual de cada alelo. Neste sentido a fixação é um acontecimento muito mais dependente da intensidade de redução da densidade do que a perda de alelos, pois o efeito da densidade nestes casos deve estender-se sobre um grupo de alelos de maneira que seja forte a ponto de eliminar todos os demais alelos presentes no loco. Porém, na perda de alelos, o efeito da densidade pode restringir-se a eliminação de um único alelo, não dependendo da eliminação dos demais, o que tem probabilidade maior de ocorrer.

O comportamento da fixação de alelos deve-se ao fato de que esta ocorre quando se tem apenas um alelo no loco, logo, em baixas densidades, alelos com frequências reduzidas tem menor probabilidade de serem representados, aumentando assim a chance de fixação de alelos de alta frequência. Porém, à medida que a densidade aumenta, cresce também a probabilidade de representação dos alelos raros, o que conseqüentemente reduz a chance de fixação. Isto pode ser facilmente observado no risco de perda de alelos, podendo até mesmo ser considerado em locos com dois alelos como sendo a probabilidade de fixação alélica.

**Tabela 13:** Variação nas frequências alélicas do loco EST-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

EST-1	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,976	0,975	0,976	0,976	0,976	0,976	0,976	0,976	0,976
Máximo A1	1	1	1	1	0,997	0,995	0,991	0,979	-
Mínimo A1	0,868	0,908	0,934	0,943	0,951	0,953	0,954	0,975	-
DesvPad A1	0,024	0,017	0,012	0,009	0,008	0,007	0,006	0,001	-
Média A2	0,024	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
Máximo A2	0,132	0,092	0,066	0,057	0,049	0,047	0,046	0,025	-
Mínimo A2	0	0	0	0	0,003	0,005	0,009	0,021	-
DesvPad A2	0,024	0,017	0,012	0,009	0,008	0,007	0,006	0,001	-
RPÁ <sup>1</sup>	37,4	12,9	2,1	0,3	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	60,9	69,6	58,7	65,0	51,5	55,5	44,5	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 14:** Variação nas frequências alélicas do loco EST-2 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

EST-2	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,970	0,970	0,968	0,968	0,968	0,969	0,969	0,968	0,968
Máximo A1	1	1	1	1	0,997	0,995	0,993	0,975	-
Mínimo A1	0,816	0,882	0,921	0,925	0,931	0,942	0,941	0,967	-
DesvPad A1	0,032	0,023	0,015	0,012	0,010	0,009	0,008	0,001	-
Média A2	0,030	0,030	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,032	0,032
Máximo A2	0,184	0,118	0,079	0,075	0,069	0,058	0,059	0,033	-
Mínimo A2	0	0	0	0	0,003	0,005	0,007	0,025	-
DesvPad A2	0,032	0,023	0,015	0,012	0,010	0,009	0,008	0,001	-
RPÁ <sup>1</sup>	37,8	14,1	1,1	0,1	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	69,4	58,4	54,1	48,8	43,6	30,7	26,1	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 15:** Variação nas frequências alélicas do loco SKDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

SKDH	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,874	0,874	0,874	0,874	0,873	0,873	0,874	0,874	0,874
Máximo A1	1	0,987	0,941	0,939	0,918	0,918	0,914	0,881	-
Mínimo A1	0,658	0,763	0,780	0,781	0,806	0,818	0,827	0,867	-
DesvPad A1	0,057	0,039	0,027	0,021	0,017	0,015	0,013	0,002	-
Média A2	0,126	0,126	0,126	0,126	0,127	0,127	0,126	0,126	0,126
Máximo A2	0,342	0,237	0,220	0,219	0,194	0,182	0,173	0,133	-
Mínimo A2	0	0,013	0,059	0,061	0,082	0,082	0,086	0,119	-
DesvPad A2	0,057	0,039	0,027	0,021	0,017	0,015	0,013	0,002	-
RPÁ <sup>1</sup>	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	80,8	77,1	54,2	44,7	37,8	31,8	24,3	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 16:** Variação nas frequências alélicas do loco PRX-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

PRX-1	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,870	0,868	0,868	0,869	0,869	0,869	0,868	0,869	0,869
Máximo A1	1	0,987	0,947	0,930	0,924	0,913	0,908	0,876	-
Mínimo A1	0,632	0,711	0,767	0,805	0,803	0,813	0,819	0,863	-
DesvPad A1	0,059	0,040	0,027	0,022	0,018	0,016	0,014	0,002	-
Média A2	0,130	0,132	0,132	0,131	0,131	0,131	0,132	0,131	0,131
Máximo A2	0,368	0,289	0,233	0,195	0,197	0,187	0,181	0,137	-
Mínimo A2	0	0,013	0,053	0,070	0,076	0,087	0,092	0,124	-
DesvPad A2	0,059	0,040	0,027	0,022	0,018	0,016	0,014	0,002	-
RPÁ <sup>1</sup>	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	81,8	73,4	65,4	54,2	48,3	39,7	32,3	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 17:** Variação nas frequências alélicas do loco 6PGDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Eutерpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

6PGDH	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,244	0,244	0,244	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243	0,243
Máximo A1	0,474	0,395	0,347	0,326	0,307	0,299	0,292	0,251	-
Mínimo A1	0,026	0,105	0,138	0,162	0,183	0,193	0,203	0,234	-
DesvPad A1	0,067	0,048	0,031	0,024	0,020	0,017	0,015	0,003	-
Média A2	0,339	0,341	0,344	0,344	0,344	0,344	0,343	0,343	0,343
Máximo A2	0,528	0,527	0,439	0,417	0,408	0,392	0,387	0,351	-
Mínimo A2	0,105	0,197	0,257	0,257	0,270	0,279	0,294	0,334	-
DesvPad A2	0,068	0,048	0,030	0,024	0,020	0,017	0,015	0,003	-
Média A3	0,178	0,176	0,171	0,172	0,172	0,173	0,173	0,173	0,173
Máximo A3	0,368	0,303	0,257	0,235	0,238	0,220	0,214	0,180	-
Mínimo A3	0,026	0,066	0,092	0,114	0,119	0,130	0,133	0,167	-
DesvPad A3	0,057	0,039	0,027	0,021	0,018	0,015	0,013	0,002	-
Média A4	0,215	0,215	0,218	0,218	0,218	0,218	0,217	0,217	0,217
Máximo A4	0,395	0,355	0,303	0,294	0,272	0,270	0,259	0,225	-
Mínimo A4	0,053	0,092	0,127	0,142	0,162	0,169	0,174	0,208	-
DesvPad A4	0,058	0,041	0,028	0,022	0,018	0,016	0,014	0,003	-
Média A5	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,024	0,023
Máximo A5	0,158	0,092	0,060	0,062	0,057	0,045	0,040	0,025	-
Mínimo A5	0	0	0	0,004	0,003	0,005	0,004	0,020	-
DesvPad A5	0,025	0,017	0,011	0,009	0,008	0,006	0,006	0,001	-
RPÁ <sup>1</sup>	40,3	14,7	2,8	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	79,2	72,7	55,8	47,0	41,3	34,0	27,7	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 18:** Variação nas frequências alélicas do loco PGI em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

PGI	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,634	0,636	0,636	0,637	0,637	0,637	0,637	0,637	0,637
Máximo A1	0,868	0,803	0,767	0,748	0,725	0,705	0,697	0,651	-
Mínimo A1	0,263	0,421	0,493	0,535	0,546	0,550	0,561	0,626	-
DesvPad A1	0,088	0,059	0,040	0,032	0,027	0,023	0,020	0,003	-
Média A2	0,350	0,348	0,348	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,348
Máximo A2	0,737	0,566	0,473	0,456	0,437	0,431	0,407	0,358	-
Mínimo A2	0,132	0,197	0,213	0,243	0,266	0,282	0,289	0,332	-
DesvPad A2	0,090	0,059	0,041	0,032	0,027	0,023	0,020	0,004	-
Média A3	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Máximo A3	0,132	0,079	0,047	0,039	0,039	0,032	0,033	0,017	-
Mínimo A3	0	0	0	0	0	0	0,002	0,011	-
DesvPad A3	0,020	0,014	0,009	0,007	0,006	0,005	0,005	0,001	-
RPÁ <sup>1</sup>	52,9	26,8	7	1,2	0,3	0,1	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	84,6	65,0	51,7	39,7	30,0	23,8	17,4	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.

**Tabela 19:** Variação nas frequências alélicas do loco PGM em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

PGM	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,421	0,423	0,419	0,420	0,420	0,420	0,420	0,421	0,420
Máximo A1	0,684	0,632	0,566	0,522	0,503	0,495	0,493	0,430	-
Mínimo A1	0,211	0,257	0,303	0,314	0,336	0,354	0,357	0,410	-
DesvPad A1	0,087	0,060	0,042	0,033	0,028	0,024	0,021	0,003	-
Média A2	0,165	0,166	0,170	0,169	0,169	0,169	0,168	0,168	0,168
Máximo A2	0,421	0,329	0,289	0,268	0,243	0,225	0,219	0,176	-
Mínimo A2	0	0,039	0,066	0,079	0,095	0,098	0,110	0,159	-
DesvPad A2	0,070	0,049	0,035	0,028	0,023	0,020	0,017	0,003	-
Média A3	0,413	0,411	0,411	0,411	0,411	0,412	0,411	0,411	0,411
Máximo A3	0,684	0,581	0,539	0,500	0,500	0,487	0,482	0,423	-
Mínimo A3	0,105	0,224	0,283	0,301	0,313	0,347	0,357	0,401	-
DesvPad A3	0,087	0,060	0,042	0,032	0,027	0,023	0,020	0,003	-
RPÁ <sup>1</sup>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	79,6	72,7	61,1	52,9	42,9	36,2	31,2	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup>= Risco de redução da diversidade.



**Tabela 20:** Variação nas freqüências alélicas do loco G6PDH em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

G6PDH	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,913	0,914	0,916	0,915	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914
Máximo A1	1	1	0,980	0,960	0,950	0,947	0,945	0,920	-
Mínimo A1	0,763	0,811	0,833	0,855	0,868	0,878	0,874	0,910	-
DesvPad A1	0,042	0,030	0,020	0,016	0,014	0,012	0,010	0,002	-
Média A2	0,087	0,086	0,084	0,085	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
Máximo A2	0,237	0,189	0,167	0,145	0,132	0,122	0,126	0,090	-
Mínimo A2	0	0	0,020	0,040	0,050	0,053	0,055	0,080	-
DesvPad A2	0,042	0,030	0,020	0,016	0,014	0,012	0,010	0,002	-
RP <sup>A1</sup>	1,8	0,1	0	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	74,6	65,8	61,5	53,8	42,7	40,2	32,7	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup> = Risco de redução da diversidade.

**Tabela 21:** Variação nas freqüências alélicas do loco DIA-1 em simulações de diferentes intensidades de manejo com 1000 reamostragens, para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

DIA-1	Número de Matrizes/ha								
	5	10	20	30	40	50	60	150	158
Média A1	0,854	0,853	0,850	0,851	0,851	0,852	0,852	0,852	0,852
Máximo A1	1	0,987	0,932	0,917	0,905	0,902	0,891	0,862	-
Mínimo A1	0,658	0,737	0,757	0,776	0,775	0,802	0,809	0,845	-
DesvPad A1	0,060	0,041	0,029	0,023	0,019	0,016	0,014	0,002	-
Média A2	0,146	0,147	0,150	0,149	0,149	0,148	0,148	0,148	0,148
Máximo A2	0,342	0,263	0,243	0,224	0,225	0,198	0,191	0,155	-
Mínimo A2	0	0,013	0,068	0,083	0,095	0,098	0,109	0,138	-
DesvPad A2	0,060	0,041	0,029	0,023	0,019	0,016	0,014	0,002	-
RP <sup>A1</sup>	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
RRD <sup>2</sup>	68,3	64,3	51,5	45,3	37,8	29,4	21,6	0	0

<sup>1</sup>= Risco de perda de alelos. <sup>2</sup> = Risco de redução da diversidade.

O comportamento esperado para a perda de alelos é o mesmo do verificado na fixação. Porém, as preocupações voltam-se para cada alelo em particular, sendo a freqüência de cada alelo determinante para sua permanência ou eliminação, como pode ser visto nas Tabelas de 13 a 21, através da comparação entre locos dos valores do risco de perda de alelos. Ficando explicitada a relação entre baixas freqüências e alto risco de perdas alélicas. Neste sentido,

alelos com frequências mais altas só são eliminados em baixas densidades, já alelos de baixa frequência são mais facilmente eliminados. Fato que pode ser observado nas Tabelas 15, 16, 19 e 21, onde se tem a eliminação de alelos de frequência intermediária (12,6, 13,1, 16,8 e 15% respectivamente), na densidade de 5 matrizes/ha, bem como nas Tabelas 13, 14, 17 e 18, onde ocorre a eliminação de alelos de menor frequência (2,4, 3,2, 2,3 e 1,6% respectivamente), nas densidades de 5 a 50 matrizes/ha conforme o caso.

Na Tabela 22 e Figura 23 é apresentada a variação total na perda de alelos em diferentes intensidades de manejo. Pode-se perceber que maiores perdas alélicas ocorrem nas menores densidades de manejo e na medida em que a densidade aumenta, reduzem-se estas perdas até se tornarem nulas.

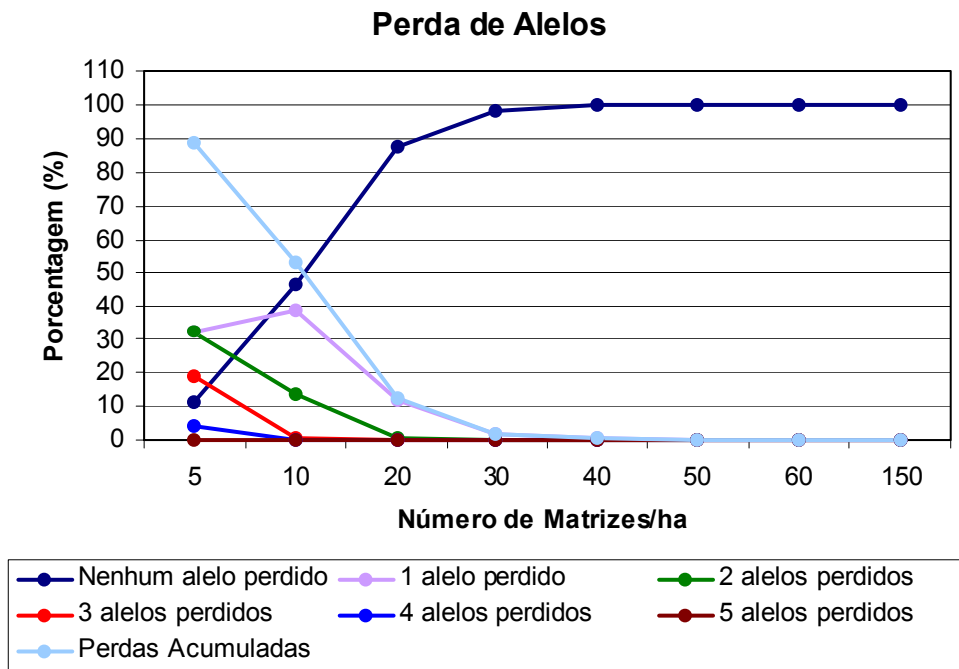
Na densidade de 5 matrizes/ha, verifica-se a maior porcentagem de situações com alelos perdidos, 88,6% das 1000 reamostragens que representam o valor desta densidade, bem como as maiores perdas alélicas por amostra, até cinco alelos.

Nas demais densidades evidencia-se uma redução crescente no número de amostras que apresentam alelos perdidos, bem como no número de alelos perdidos por amostra, destacando-se as densidades de 60 matrizes/ha ou superiores onde não ocorrem perdas alélicas.

A perda de alelos é um aspecto de grande importância, pois é uma evidencia clara da redução da base genética da espécie, o que pode resultar em perdas produtivas e principalmente adaptativas, comprometendo a capacidade de manutenção das populações. Cabe lembrar que, os alelos mais suscetíveis a serem perdidos são aqueles que apresentam menores frequências ( $p < 0,05$ ), sendo, portanto, mais raros. Segundo Bergmann *et al.* (1990) e Müller-Starck & Schubert (2000), alelos raros podem ser classificados como pré-adaptativos e estes atuam como um tampão, facilitando a adaptação futura das populações quando submetidas a condições adversas. O que faz muito sentido, pois caso uma população seja submetida a forte pressão de seleção, quer seja pelo ataque de uma praga ou doença, ou ainda por alterações ambientais bruscas, é possível que pequena parte desta população sobreviva, devido à presença de alelos raros que confirmam potencial adaptativo a estes fatores. Neste sentido, a preocupação com a perda de alelos é primordial, pois estes são responsáveis pelas chances de sucesso na regeneração da espécie e, portanto, continuidade dos sistemas de manejo. Com base nestes argumentos, as densidades de manejo de 5, 10 e 20 matrizes/ha não seriam indicadas, pois apresentam elevado risco de perdas alélicas, 88,6, 53,5 e 12,5% respectivamente (Tabela 22), o que comprometeria os objetivos do sistema de manejo sustentável no sentido da continuidade do processo produtivo.

**Tabela 22:** Variação total na perda de alelos em diferentes intensidades de manejo para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Porcentagem de amostras com:	Número de Matrizes/ha							
	5	10	20	30	40	50	60	150
Nenhum alelo perdido	11,4	46,5	87,5	98,4	99,7	99,9	100	100
1 alelo perdido	32,7	39,2	12	1,6	0,3	0,1	0	0
2 alelos perdidos	32,6	13,5	0,5	0	0	0	0	0
3 alelos perdidos	19	0,8	0	0	0	0	0	0
4 alelos perdidos	4,1	0	0	0	0	0	0	0
5 alelos perdidos	0,2	0	0	0	0	0	0	0
<b>Perdas Acumuladas</b>	<b>88,6</b>	<b>53,5</b>	<b>12,5</b>	<b>1,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



**Figura 23:** Variação na perda de alelos em diferentes intensidades de manejo para uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Nas Tabelas 13 a 21 pode ser observado também a complexidade que envolve a manutenção das freqüências alélicas, pois valores médios de cada intensidade de manejo atingem facilmente as freqüências apresentadas pela população, porém mesmo em densidades

muito altas como a de 150 matrizes/ha ocorrem variações nestes valores. Desta maneira, a manutenção de uma mesma frequência alélica torna-se difícil, pois esta apresenta grande variação natural. Esta variação ocorre tanto no sentido do aumento da frequência de determinado alelo, como no sentido de sua redução.

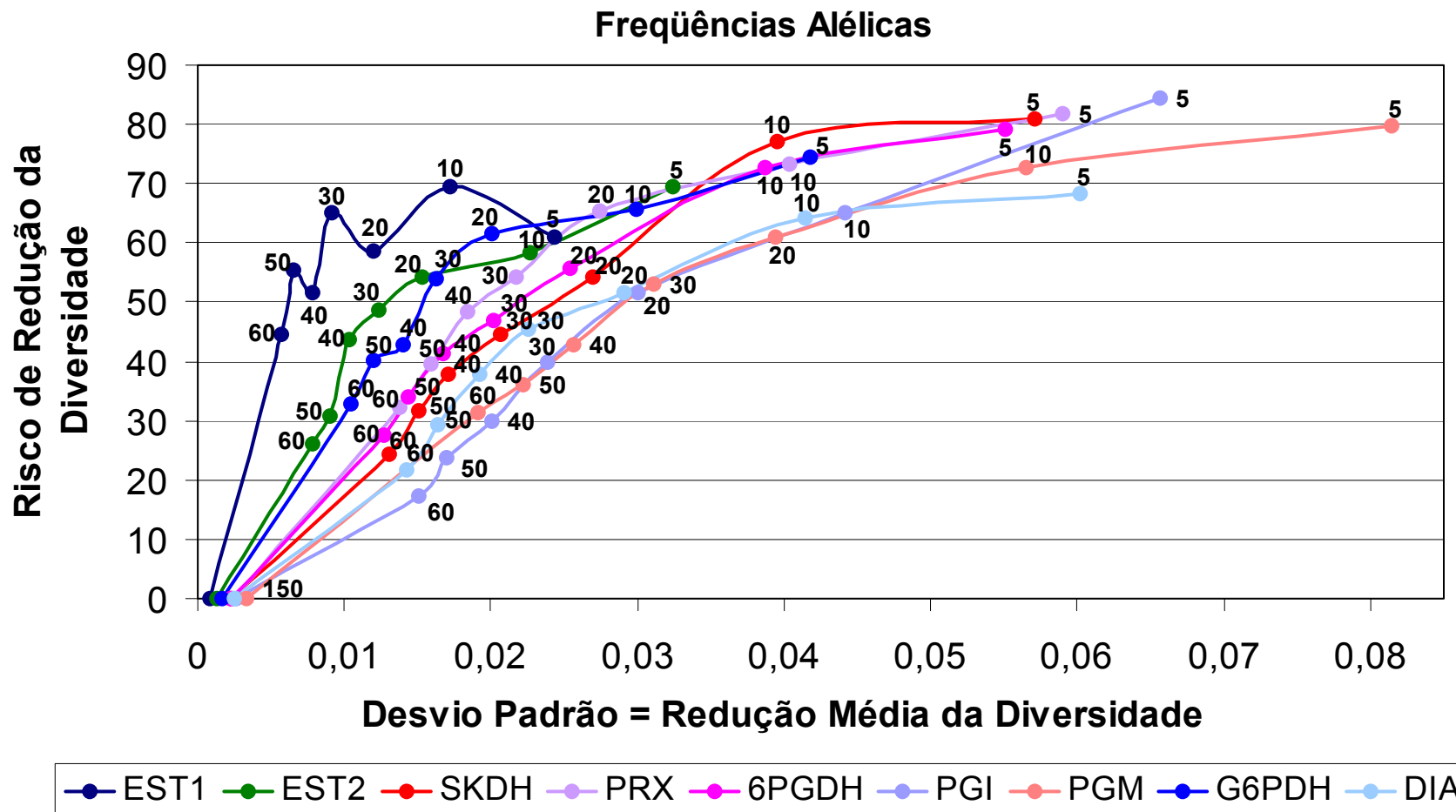
Observando-se o risco de redução da diversidade nas Tabelas 13 a 21 e na Figura 24, percebe-se que este é bem variável entre os locos quanto a sua intensidade, chegando em casos extremos a 32% de variação entre um loco e outro, como pode ser visto comparando-se os locos PGI e EST-1 na densidade de 50 matrizes/ha. Embora existam estas variações, o padrão de distribuição do risco de redução de diversidade para todos os locos analisados é o mesmo, ou seja, o risco diminui na medida em que a densidade aumenta (Figura 24).

Comparando-se as densidades de manejo quanto ao risco de redução de diversidade para os diferentes locos analisados, percebe-se que a densidade de 60 matrizes/ha é a que apresenta menores riscos, 29% em média (Tabela 23), sendo o risco máximo observado nesta densidade de 44,5% para o loco EST-1 e o mínimo de 17,4% para o loco PGI (Figura 24).

A densidade de 60 matrizes/ha destaca-se também pelo fato de apresentar os menores desvios da frequência alélica média da população, 0,0124 em média, sendo o desvio máximo observado nesta densidade de 0,0191 para o loco PGM, e o mínimo de 0,0057 para o loco EST-1 (Figura 24).

Combinando-se as informações referentes ao risco de perda de diversidade, com os desvios da média, percebe-se que apesar da densidade de 60 matrizes/ha apresentar um risco médio de 29% de redução na diversidade, este é em média de apenas 0,0124. Em casos extremos para esta densidade, ter-se-ia risco de redução em 44,5% dos casos, sendo estas reduções de no máximo 0,0057, como no caso do loco EST-1. Ou então, risco de redução em 31% dos casos, com reduções máximas de 0,0191, como no caso do loco PGM (Figura 24). Neste sentido a melhor atitude a ser tomada é a adoção de elevadas densidades de manejo, pois estas apresentam desvios menores da média, o que conseqüentemente aumenta a chance de manutenção das frequências alélicas desejadas e reduz o risco de perdas.

Conforme aborda Futuyama (2002), a manutenção das frequências alélicas originais de uma população é importante, pois estas refletem uma situação de equilíbrio adaptativo temporal, ou ainda representam uma etapa deste processo que visa atingir um momento de equilíbrio no tempo. O equilíbrio é referido aqui, como sendo o momento no tempo, onde pressões seletivas, relativamente constantes, selecionam conjuntos de alelos que apresentam frequências também relativamente constantes no tempo. Desta maneira, alterações nas frequências originais, poderiam retirar a população da condição temporal de equilíbrio,



**Figura 24:** Risco de redução de diversidade e variação nos desvios padrões em diferentes intensidades de manejo para 9 locos polimórficos analisados em uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

sujeitando-a a uma nova seleção, o que seria desnecessário ou ainda, caso esta não se encontre em equilíbrio, podem retardar o encaminhamento deste processo.

A densidade de manejo de 50 matrizes/ha apresenta maiores riscos (36% em média) e maior redução da diversidade (0,0143 em média) que a densidade de 60 matrizes/ha (Tabela 23); contudo, estas alterações apresentam-se não muito diferentes das verificadas nesta densidade. Cabe lembrar que a densidade de 50 matrizes/ha apresenta perda de alelos com frequência igual ou inferior a 1,6%, o que é indesejável. No entanto, a frequência destas perdas é de apenas 0,1%, o que corresponde a uma chance em 1000. Levando em consideração este resultado, bem como as considerações sobre fixação e perda de alelos, a densidade de 50 matrizes/ha também seria indicada.

As demais densidades de manejo, de 5 a 40 matrizes/ha, apresentaram maiores riscos e reduções da diversidade para as frequências alélicas médias por loco que as densidades de 50 e 60 matrizes/ha, sendo por isso pouco indicadas (Tabela 23).

**Tabela 23:** Risco médio de redução de diversidade por loco e redução média da diversidade por loco em diferentes intensidades de manejo para as frequências alélicas obtidas em 9 locos polimórficos analisados em uma população natural de *Euterpe edulis* na FLONA de Ibirama-SC. Florianópolis, SC, NPFT/UFSC, 2004.

Frequências Alélicas	Número de Matrizes/ha							
	5	10	20	30	40	50	60	150
RRD/loco <sup>1</sup> (%)	75	69	57	50	42	36	29	0
RMD/loco <sup>2</sup>	0,053	0,0367	0,0251	0,0197	0,0166	0,0143	0,0124	0,0021

<sup>1</sup> RRD/loco = Risco médio de redução da diversidade por loco, <sup>2</sup> RMD/loco = Redução média da diversidade por loco.

### 6.3. Tamanho efetivo populacional ( $\hat{N}_e$ )

A determinação do tamanho efetivo populacional, como anteriormente mencionado, é um procedimento importante, pois permite o entendimento da relação entre o tamanho efetivo e o tamanho real de uma população, o que é fundamental para o julgamento do impacto da deriva genética e endogamia sobre a estrutura genética de populações, bem

como para o planejamento de projetos de conservação, manejo e avaliação da representatividade genética em uma população.

O tamanho efetivo populacional representa o tamanho de uma população ou vizinhança, que sofre o mesmo declínio de variância genética por endogamia ou por deriva, como aquele de uma população referencial idealizada (panmítica, tamanho infinito, sem seleção, mutação e migração) (Moraes, 1999). Em espécies que apresentam alogamia (parcial ou total),  $\hat{N}_e$  é uma região de um *continuum* populacional em que os genitores do indivíduo localizado em seu centro podem ser quaisquer adultos amostrados aleatoriamente, segundo Wright (1969), citado por Moraes (1999).

Considerando que o grau de parentesco entre os indivíduos é baixo em populações naturais, o tamanho efetivo de endogamia foi estimado de acordo com Vencovsky (1997). Assim, o valor de  $\hat{N}_e$  foi calculado pela fórmula:  $\hat{N}_e = n/(1 + \hat{f})$ , onde  $n$  é o tamanho amostral (597,2) e  $\hat{f}$  é o índice de fixação de Wright (0,0987), neste sentido, o valor de  $\hat{N}_e$  foi igual a 543,55 matrizes, que pela relação  $\hat{N}_e / n$ , confere uma representatividade genética de 91%. Desta maneira quando são mencionadas as intensidades de manejo: 158, 150, 60, 50, 40, 30, 20, 10 e 5 matrizes/ha, na realidade estas se referem efetivamente a 144, 137, 55, 46, 36, 27, 18, 9 e 5 matrizes/ha respectivamente.

A estimativa do tamanho efetivo populacional para esta população é otimista, pois como visto anteriormente a fenologia do palmitreiro apresenta certas particularidades, como por exemplo: a variação no número de indivíduos reprodutivos por ano; o longo período de floração da espécie (aproximadamente cinco meses), que somado a curta duração da floração masculina e feminina em uma inflorescência (de cinco a sete dias e de quatro a seis dias respectivamente), evita que todas as plantas tenham a mesma chance de cruzarem. Além disso, algumas plantas apresentam somente floração masculina em determinados eventos reprodutivos (Mantovani & Morellato, 2000). Neste sentido, a representatividade genética de 91% é superestimada, pois as características fenológicas da espécie promovem desequilíbrios no número de indivíduos reprodutivos por ano, bem como na contribuição efetiva de cada matriz. Contudo, as estimativas obtidas para o tamanho efetivo populacional e representatividade genética, apesar de considerarem apenas a endogamia da população, representam uma aproximação dos reais valores esperados para esta população e sugerem a importância da realização de estudos fenológicos prolongados para uma estimativa mais precisa destes valores.

Franklin (1980), citado por Primack (2001), baseado na experiência prática de criadores de animais, que indicam que um grupo animal pode manter-se com uma perda de 2 a 3% de heteroziguidade por geração, sugere que 50 indivíduos reprodutivos poderia ser o número mínimo necessário para evitar a depressão endogâmica. O que está de acordo com Wright (1931), que indica que uma população de 50 indivíduos perderá somente 1% de heteroziguidade por geração. Contudo, segundo Primack (2001), esta taxa foi determinada com base em trabalhos com animais domésticos e sua aplicabilidade em espécies silvestres é incerta.

A manutenção adequada de variação genética por um longo tempo evolutivo, depende do equilíbrio entre a entrada de variação por novas mutações e a perda de variação por seleção e deriva genética. Neste sentido, Franklin (1980), citado por Primack (2001), utilizando dados de taxas de mutação de *Drosophila*, também sugeriu que em populações com 500 indivíduos reprodutivos a taxa de nova variabilidade genética gerada por mutações poderia compensar a perda genética devido a tamanhos populacionais pequenos. O que foi questionado por Lande (1995), que argumenta que as taxas de mutação podem ser menores que as informadas previamente, e, se isto é correto, sugere que sejam adotados 5000 indivíduos reprodutivos para manter a variabilidade genética e a sobrevivência a longo prazo de uma população. No entanto Lynch (1996), citado por Sebbenn (2002), argumenta que um tamanho efetivo de 1000 indivíduos, para caracteres quantitativos sob efeito do balanço entre deriva e mutação, já bastaria para manter o potencial adaptativo normal de uma população.

Neste sentido, percebe-se que a definição de um tamanho efetivo mínimo apresenta-se polêmica, necessitando de maior aprofundamento nos estudos, pois ainda não há um consenso sobre o assunto. Desta maneira o mais recomendável é a adoção de medidas mais conservadoras ( $\hat{N}_e=5000$ ), visto ainda, que os valores de 50 e 500 foram determinados para populações com gerações não sobrepostas, de cruzamentos aleatórios e assumindo que a taxa de endogamia em um loco com dois alelos não deveria ser superior a 1% por geração, condições que não são necessariamente válidas para populações naturais de espécies arbóreas. A adoção de tamanhos efetivos mais conservadores, também se justifica pelo fato, de que as estimativas do tamanho efetivo populacional, bem como da representatividade genética da população estudada são otimistas e possivelmente maiores que os reais valores.



A adoção de grandes tamanhos efetivos para o palmitheiro apresenta-se viável, pois a espécie apresenta naturalmente grandes densidades. Sendo assim, adotando-se um tamanho efetivo de 50 indivíduos em um hectare (que corresponde a 55 matrizes/ha neste trabalho), o que é recomendável para a conservação a curto prazo (10 gerações), tem-se em áreas manejadas de 100 hectares, um tamanho efetivo de 5000 indivíduos, o que é recomendável para a conservação a longo prazo ou seja, 100 gerações. O que garantiria sustentabilidade a áreas manejadas iguais ou maiores que 100 hectares por mais de 100 gerações. Neste sentido, considerando-se que uma geração de palmitheiro leve apenas 20 anos (valor subestimado), os estoques seriam assegurados por no mínimo mais 2000 anos. No entanto, cabe lembrar que densidades menores que 50 matrizes/ha não são indicadas para o palmitheiro; pois, como mostram os dados obtidos pelas simulações de corte, as reduções na heterozigosidade observada e esperada, bem como os aumentos na endogamia e alteração nas frequências alélicas, seriam elevadas, comprometendo a sobrevivência da espécie.

Por outro lado, em áreas pequenas (10 ha) haveria uma garantia de conservação a médio prazo, o que poderia ainda ser favorecido pelo fluxo gênico com áreas maiores.

Com base nestas considerações a Resolução SMA n° 16 de 16/05/94 do estado de São Paulo, e o Decreto Estadual 33.335 de 01/04/98 do estado do Rio Grande do Sul, bem como a Resolução n° 294 do Conama de 12/12/01 do estado de Santa Catarina, que estabelecem a manutenção de pelo menos 50 matrizes por hectare em planos de manejo sustentável, dão garantias de baixo risco de perdas da diversidade. No entanto, de acordo com os valores obtidos para o tamanho efetivo populacional ( $\hat{N}_e$ ), que considera a endogamia da população, seria recomendável que estas aumentassem o número mínimo de matrizes/ha para 55, o que elevaria o tamanho efetivo populacional para 50 matrizes/ha, estabelecendo desta maneira uma margem de segurança de 10% na variação dos valores de endogamia, pois conforme os resultados obtidos, as populações de palmitheiro tendem a se estruturar. Este acréscimo no número de indivíduos garantiria segundo Wright (1931), a conservação de uma população por 10 gerações, (apenas um hectare manejado, com  $\hat{N}_e=50$ ), e segundo Lande (1995), a conservação de uma população por 100 gerações (em 100 hectares manejados com um  $\hat{N}_e=5000/100ha$ ).

A proposição de Reis (1996a), a partir de seus estudos sobre a distribuição e dinâmica da variabilidade genética em populações naturais de palmitheiro, que recomenda a

manutenção de cerca de 60 indivíduos reprodutivos por hectare para populações naturais sob manejo é a que se apresenta como a mais indicada, pois garante a manutenção de todos os índices estudados.

Por outro lado, a Resolução IBAMA/SEMA nº 1 de 1994 do estado do Paraná, que estabelece a permanência de 30% dos indivíduos reprodutivos na área, considerando um mínimo de 20 matrizes por hectare, apresenta maiores riscos, sendo recomendável a alteração do número mínimo de matrizes/ha para 50 ou 60, visto que a densidade de 20 matrizes/ha apresenta alto risco de perda da diversidade em praticamente todos os índices genético estudados.

Os resultados obtidos para o tamanho efetivo populacional, evidenciam também, a importância da FLONA de Ibirama como área de conservação para o palmitreiro, pois só a área de estudo utilizada (38ha), apresenta 6.004 matrizes, o que corresponde a um tamanho efetivo de 5.464 matrizes, sendo suficiente segundo Lande (1995), para a conservação genética a longo prazo, ou seja, 100 gerações.

## 7. CONCLUSÕES

A análise dos índices de diversidade na área de estudo, revelou a ocorrência de heterogeneidades, quer seja pelo número de alelos por loco, quer seja pelo número de matrizes/ha, heterozigosidades observada e esperada ou pelos índices de fixação, sugerindo desta maneira a existência de estruturação interna na população, sendo esta provavelmente favorecida pela ocorrência de cruzamentos preferenciais. Este aspecto justifica os níveis de endogamia encontrados. Neste sentido sugere-se que as amostragens para a espécie devem ser bem distribuídas pela área, envolvendo um número grande de plantas, de forma a evitar informações induzidas pela estruturação. De qualquer forma, estudos que caracterizem melhor a estruturação interna da população devem ser realizados.

A resposta dos índices genéticos estudados frente a mudanças na densidade de manejo foi variável. Índices como o número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos apresentaram maior correlação com a densidade do que as medidas de heterozigosidade observada e esperada, bem como o índice de fixação. No entanto todos os índices avaliados apresentaram a mesma tendência, ou seja, em todos houve redução na diversidade genética na medida em que a densidade de matrizes/ha foi reduzida.

Os índices de diversidade estudados apresentaram ainda diferente sensibilidade em relação à detecção dos efeitos causados pela redução no número de matrizes/ha. O índice que demonstrou-se mais sensível em detectar estes efeitos, foi o índice de fixação, seguido pela heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada, número médio de alelos por loco e porcentagem de locos polimórficos. Neste sentido, pequenas alterações no número de indivíduos reprodutivos, seriam primeiramente detectadas pelo índice de fixação e na medida em que estas se tornarem maiores, podem também ser detectadas pelos demais índices.

No que se refere às questões de manejo, os resultados indicam que as densidades de 60 matrizes/ha ou superiores são as mais indicadas quando se objetiva utilizar sustentavelmente este recurso natural, pois não apresentaram perdas de alelos e redução no número de locos polimórficos, bem como por apresentarem as menores reduções nos índices heterozigosidade observada, heterozigosidade esperada e índice de fixação. A densidade de manejo de 50 matrizes/ha, quanto aos índices estudados, apresenta de maneira geral riscos e perdas similares a de 60 matrizes/ha e em virtude disso, sua utilização também é recomendável.

As densidades de manejo de 5 a 40 matrizes/ha, não se apresentaram indicadas pelos índices heterozigosidade observada e esperada, devido aos elevados valores apresentados pelo risco de redução da diversidade e pela redução média da diversidade. As densidades de 5, 10 e 20 matrizes/ha, pelos mesmos motivos apresentados, também não foram recomendadas pelo índice número médio de alelos por loco, bem como as densidades de 5 e 10 matrizes/ha pelo índice porcentagem de locos polimórficos.

Com base nestas considerações a Resolução SMA nº 16 de 16/05/94 do estado de São Paulo e o Decreto Estadual 33.335 de 01/04/98 do estado do Rio Grande do Sul, bem como a Resolução nº 294 do Conama de 12/12/01 do estado de Santa Catarina, que estabelecem a manutenção de pelo menos 50 matrizes por hectare em planos de manejo sustentável, dão garantias de baixo risco de perdas da diversidade. No entanto, de acordo com os valores obtidos para o tamanho efetivo populacional ( $\hat{N}_e$ ), que considera a endogamia da população, seria recomendável que estas aumentassem o número mínimo de matrizes/ha para 55, o que elevaria o tamanho efetivo populacional para 50 matrizes/ha, estabelecendo desta maneira uma margem de segurança de 10% na variação dos valores de endogamia, pois conforme os resultados obtidos, as populações de palmitreiro tendem a se estruturar. Este acréscimo no número de indivíduos garantiria segundo Wright (1931), a conservação de uma população por 10 gerações, (apenas um hectare manejado, com  $\hat{N}_e=50$ ), e segundo Lande (1995), a conservação de uma população por 100 gerações (em 100 hectares manejados com um  $\hat{N}_e=5000/100ha$ ).

Por outro lado, a Resolução IBAMA/SEMA nº 1 de 1994 do estado do Paraná, que estabelece a permanência de 30% dos indivíduos reprodutivos na área, considerando um mínimo de 20 matrizes por hectare, apresenta maiores riscos, sendo recomendável a alteração do número mínimo de matrizes/ha para 50 ou 60, visto que a densidade de 20 matrizes/ha apresenta alto risco de perda da diversidade em praticamente todos os índices genético estudados.

Os resultados obtidos evidenciam também, que o uso sustentável e a conservação genética da espécie *Euterpe edulis* são atitudes compatíveis, podendo ocorrer em uma mesma área, desde que os critérios estabelecidos para o seu manejo sejam respeitados. Além disso, os resultados evidenciam a importância de áreas com grande tamanho efetivo populacional, pois estas além de darem maiores garantias de conservação e uso, podem

atuar como ilhas irradiadoras de diversidade, contribuindo para a sustentabilidade de pequenas áreas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH, R.P.; HAMRICK, J.L.; CHAVARRIAGA, P.; KOCHERT, G. Microsatellite analysis of demographic genetic structure in fragmented populations of the tropical tree *Symphonia globulifera*. **Molecular ecology**, v. 7, p. 933-944, 1998.

ALFENAS, A.C. (editor). **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos**. Viçosa: UFV, 1998. 574p.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo, Edgard Blucher, 1971. 381p.

ARAÚJO, A.M. Tamanho populacional e tamanho amostral: A minimização dos riscos. **Revista brasileira de genética**, v.19, n.4 (suplemento), p. 1-5, 1996.

AULER, N.M.F. Caracterização da estrutura genética de populações naturais de *Araucaria angustifolia* (BERT) O. KTZE. no Estado de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2000. (Dissertação de Mestrado, UFSC).

BARRET, S.C.H. & KOHON, J.R. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In: **Genetic and conservation of rare plants**. Oxford University Press, N.Y., p. 3-30, 1991.

BAWA, K.S.; KRUGMAN, S.L. Reproductive biology and genetics of tropical trees in relation to conservation and management. In: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris; UNESCO, p. 119-136, 1990.

BERGMANN, F.; GREGORIOUS, H.R.; LARSEN, J.B. Levels of genetic variation in European silver fir (*Abies alba*) – are they related to the species' decline? **Genetica**, v.82, p. 1-10, 1990.

BILLINGTON, H.L. Effect of population size on genetic variation in a dioecious conifer. **Conservation Biology**, v.5, p.115-119, 1991.

BRITTEN, H.B. Meta-analyses of the association between multilocus heterozygosity and fitness. **Evolution**, v.50, p. 2158-2164, 1996.

CONTE, R. Estrutura genética de populações de *Euterpe edulis* Mart. Submetidas à ação antrópica utilizando marcadores alozímicos e microsatélites. Piracicaba, SP, 2004 (Tese de doutorado, ESALQ/USP).

CONTE, R. Genética do Recrutamento de Plantas em uma População Natural do Palmeiteiro (*Euterpe edulis* Mart.). Florianópolis, SC, 2001 (Dissertação de mestrado/UFSC).

CONTE, R. Manejo do palmeiteiro (*Euterpe edulis* Martius) no Estado de Santa Catarina. Trabalho de conclusão de curso, 1997.

CONTE, R.; REIS, M.S.; REIS, A.; MANTOVANI, A.; MARIOT, A.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O. Dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis*. In: REIS, A. & REIS, M.S. *Euterpe edulis* Martius – **Biologia, conservação e manejo sustentado**. p. 106-130, 2000.

CROW, J.F.; KIMURA, M.A. **An Introduction to population genetics theory**. New York; Harper and Row, 1970. 591p.

CRUZAN, M.B. Population size and fragmentation thresholds for the maintenance of genetic diversity in the herbaceous endemic, *Scutellaria montana* (Lamiaceae). University of Tennessee, 2001. 24p.

ELLSTRAND, N.; ELAM, D.R. Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. **Annual review on ecological systems**, v.24, p. 217-242, 1993.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1996. 464p.

FANTINI, A.C.; REIS, A.; REIS, M.S.; GUERRA, M.P. Sustained yield management in Tropical Forest: a proposal based on the autoecology of the species. **Sellowia**, v.42/44, p. 25-33, 1992.

FANTINI, A.C.; REIS, M.S.; SGROTT, E.Z.; REIS, A.; PORTILHO, W. & RIBEIRO, R.J. Demografia de *Euterpe edulis* Mart. no Vale do Rio Ribeira de Iguape - SP. In: Congresso florestal brasileiro, 7, 1993, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: 1993. 757p.

FANTINI, A.C.; RIBEIRO, R.J.; GURIES, R.P. Produção de palmito (*Euterpe edulis* Martius – Arecaceae) na Floresta Ombrofila Densa: potencial, problemas e possíveis soluções. In: REIS, A. & REIS, M.S. ***Euterpe edulis* Martius – Biologia, conservação e manejo sustentado**. p. 256-280, 2000.

FERRAZ, E.M.; GANDARA, F.B.; CUNHA, N.L.; REIS, M.S. & KAGEYAMA, P. **Eletroforese de isoenzimas para espécies arbóreas – Manual de Laboratório (versão 1994)**. Piracicaba, ESALQ / Departamento de Ciências Florestais / Laboratório de Biologia Reprodutiva e Genética de Espécies Arbóreas. 1994. 23p.

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

FRANKHAM, R. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. **Conservation Biology**, v.10, n.6, p.1500-1508, 1996.

FRANKLIN, I.R. Evolutionary change in small populations. In: SOULÉ, M.E.; WILCOX, B.A. **Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective**. p.135-149, 1980.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE/ISA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da mata atlântica no período 1990-1995**. São Paulo, 1998.



FUTUYMA, D.J. **Biologia evolutiva**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2<sup>a</sup> ed., 2002. 631p.

GAIOTTO, F.A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of palm (*Euterpe edulis* Mart.) **Journal of Heredity**, v.94, n.5, p. 399-406, 2003.

GANDARA, F.B. Diversidade genética, taxa de cruzamento e estrutura espacial dos genótipos em uma população natural de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). Campinas-SP, 1996. 69p. (Dissertação de Mestrado, UNICAMP).

GEBUREK, T. Some results of inbreeding depression in serbian spruce (*Picea omorica* (Panc.)Purk.). **Silvae genetica**, v.35, n.4, p.169-172, 1986.

HALL, P.; WALKER, S.; BAWA, K. Effect of forest fragmentation on genetic diversity and mating system in a tropical tree, *Pithecellobium elegans*. **Conservation biology**, v. 10, n. 3, p. 757-768, 1996.

HAMRICK, J.L.; Allozyme diversity of natural stands versus seed orchard loblolly pine. In: **Meeting Canadian tree improvement association**, 23, Ottawa, 1991. Proceedings. Ottawa: IDRC, p.1-21, 1991.

HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A.H.D.; CLEGG, M.T.; KAHLER, A.L.E.; et al. (Ed.) **Plant population genetics, breeding and genetic resources**. Sunderland: Sinauer, p.43-63, 1989.

HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A.H.D.; CLEGG, M.T.; KAHLER, A.L.E.; et al. (Ed.) **Plant population genetics, breeding and genetic resources**. Sunderland: Sinauer Associates, p.145-162, 1990.

HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. & SHERMAN-BROYLES, S.L. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. **New forests**, v.6, n.45, p. 95-124, 1992.

HAMRICK, J.L. Plant population genetics and evolution. **Amer. J. Bot.**, v.69, n. 10, p. 1685-1693, 1982.

HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation within and among natural planta populations. In: SCHONEWALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.M.; MACBRYDE, B.; THOMAS, W.L. (Ed.). **Genetic and conservation**. Menlo Park, The Benjamin/Cummings, p. 335-480, 1983.

HEDRICK, P. Neutrality or selection. **Nature**, v. 387, 1997. 138p.

HERRIT, M.M. Ecology and genetic variation of four hardwoods of Brazil Atlantic Forest region. Raleigh (NC/USA), 1991. 204p. (Tese de Doutorado, Department of Forestry / North Carolina State University).

IDE, B.Y.; ALTHOFF, D.A.; THOMÉ, V.M.R.; VIFOTTO, V.J. **Zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina**, 2<sup>a</sup> etapa. Florianópolis, EMPASC. 1980. 106p.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, 104(904): p. 501-528, 1970.

KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M.; RIBAS, L.A.; GANDARA, F.B.; CASTELLEN, M.; PERECIM, M.B.; VENCOVSKY, R. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, n.64, p.93-107, 2003a.

KAGEYAMA, P.Y.; CUNHA, G.C.; BARRETO, K.D.; GANDARA, F.B.; CAMARGO, F.R.A.; SEBBENN, A.M.;. Diversidade e autocorrelação genética espacial em populações de *Ocotea odorifera* (Lauraceae). **Scientia Forestalis**, n.64, p.108-119, 2003b.

KEPHART, S.R. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. **Amer. j. bot.**, New York, v. 77, n. 5, p. 693-712. 1990.

KIMURA, M. Evolutionary rate at the molecular level. **Nature**, v. 217, p. 624-662, 1968.

KLEIN, R.M. Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, 32: 165-389. 1980.

KLEIN, R.M.; PASTORE, U. & COURA NETO, A.B. Vegetação. In: **Atlas de Santa Catarina**. Santa Catarina. Florianópolis: Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, p. 35-36, 1986.

LANDE, R. Extinction risks from anthropogenic, ecological, and genetic factors. In: **Genetics and Extinction of Species** (L.A. Landweber and A.P. Dobson, eds), Princeton, NJ: Princeton University Press, p.1-22, 1999.

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

LEDIG, F.T.; CONKLE, M.T. Gene diversity and genetic structure in endemic Torrey pine (*Pinus torreyana* Parry ex. Carr.). **Evolution**, v. 73, p. 79-85, 1983.

LI, C.C.; HORVITZ, D.G. Some Methods of Estimating the Inbreeding Coefficient. **Am. j. human. genet.**, v. 5, n. 2, p. 107-117, 1953.

LYNCH, M. A quantitative-genetic perspective on conservation issues. In: **Conservation genetics: case studies from nature**. Eds: J.C. Avise and J.L. Hamrick (Ed.). Chapman, & Hall, New York. p. 471-501, 1996.

MALTEZ, H.M. Estrutura genética de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. – Apocynaceae (peroba rosa) em uma floresta estacional semidecidual no Estado de São Paulo. Campinas, SP, 1997. 132p. (Dissertação de Mestrado).

MANTOVANI, A. & MORELLATO, P. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral. In: REIS, A. & REIS, M.S. *Euterpe edulis* Martius – **Biologia, conservação e manejo sustentado**. p. 23-38, 2000.

MARIOT, A. Distribuição da diversidade genética e aspectos da fenologia e dispersão de sementes de Pariparoba (*Piper cernuum* Vell. – Piperaceae). Florianópolis, SC, 2000. 133p. (Dissertação de Mestrado, UFSC)

METTLER, L.E.; GREGG, T.G. **Genética de populações e evolução**. São Paulo: Polígono / EDUSP, 1973. 262p.

MORAES, P.L.R. Estrutura genética de populações de *Cryptocarya moscata* Nees & Martius Ex Nees (Lauraceae). Rio Claro, SP, 1997. 197p. (Tese de Doutorado, UNESP)

MORAES, P.L.R.; MONTEIRO, R.; VENCOSKY, R. Conservação genética de populações de *Cryptocarya moscata* Nees (Lauraceae) na Mata Atlântica do estado de São Paulo. **Revista brasileira de Botânica**, v.22, n.2(suplemento), p.237-248, 1999.

MORI, E.S. Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucaliptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes intensidades de seleção. Piracicaba, 1993. 118p. (Tese de doutorado).

MOSER, J.M.; SHIMIZU, S.H.; SOMER, S.; VIEIRA, P.S. Pedologia. In: **Atlas de Santa Catarina**. Santa Catarina. Florianópolis: Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, p. 33-35, 1986.

MÜLLER-STARK, G.; SCHUBERT, R. Genetic markers as a tool for bioindication in forest ecosystems. In: YOUNG, A.; BOSCHER, D.; BOYLE, T. **Forest conservation genetics: principles and practice**. Collingwood: CSIRO, p. 227-238, 2000.

MURAWSKY, 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, p.457-493, 1995.

MURAWSKY, D.A. e HAMRICK, J.L. Mating system and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panama. **Journal of heredity**, v.83, p. 401-4, 1992.

NASON, J.D.; ALDRICH, P.R.; HAMRICK, J.L. Dispersal and the dynamics of genetic structure in fragmented tropical tree populations. In: LAURANCE, W.F. & BIERREGAARD, R.O. **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. University of Chicago Press, p. 304-320, 1997.

NEGREIROS, O.C. Características fitossociológicas de uma comunidade de Floresta Latifoliada Tropical visando ao manejo do palmito, *Euterpe edulis* Martius. Piracicaba-SP, 1982. 110p. (Dissertação de mestrado, ESALQ/USP).

NEI, M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. **Proc. nat. acad. sci USA**, v.70, n.12, p. 3321-3323, 1973.

NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. **Genetics**, v. 89, p. 583-590, 1978.

NODARI, R.O.; REIS, A. GUERRA, M.P.; REIS, M.S.; FLORIANO, E.P. Análise preliminar do inventário do palmito em Floresta Ombrófila Densa Montana. In: I Encontro nacional de pesquisadores em palmito, Curitiba. **Anais**, p. 159-65, 1987.

ORSELLI, L. Climatologia. In: **Atlas de Santa Catarina**. Santa Catarina, Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. p. 38-39, 1986.

OUBORG, N.J.; VAN TREUREN, R. The significance of genetic erosion in the process of extinction II. Morphological variation and fitness components in populations of varying size of *Salvia pratensis* L. and *Scabiosa columbaria* L. **Oecologia**, v.86, p.359-367, 1991.

PASCHKE, M.; ABS, C.; SCHMID, B. Relationship between population size, allozyme variation, and plant performance in the narrow endemic *Cochlearia bavarica*. **Conservation Genetics**, v.3, p. 131-144, 2002.

PEREIRA, V.A.A.C. Diversidade genética de *Miconia cinnamomifolia* (D.C.) Naudin em áreas sob interferência antrópica na Mata Atlântica. Piracicaba, SP, 2002. 84p. (Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP).

PRIMACK, R.; ROZZI, R.; FEINSINGER, P.; DIRZO, R.; MASSARDO, F. **Fundamentos de conservación biológica, perspectivas latinoamericanas**. Ed. Fondo de cultura econômica, México, 1<sup>o</sup> ed., 2001.

REIS, A. Dispersão de sementes de palmitero (*E. edulis* M.-Palmae) na Floresta Ombrófila Densa Montana em Blumenau, SC. Campinas, SP, 1995. (Tese de doutorado).

REIS, A.; KAGEYAMA, P.; REIS, M.S.; FANTINI, A.C. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana, em Blumenau (SC). **Sellowia**, n. 45/48, p. 13-45, 1996c.

REIS, A.; REIS, M.S.; FANTINI, A.C. Manejo de Rendimento Sustentado de *Euterpe edulis* Martius. **Congresso florestal estadual**, V. II. Nova Prata, RS. p. 1226-1232, 1992a.

REIS, M.S.; CONTE, R.; FANTINI, A.C.; GUERRA, M.P. O palmitero (*Euterpe edulis* Martius) como recurso da Mata Atlântica. In: SIMÕES, L.L. & LINO, C.F. **Sustentável Mata Atlântica a exploração de seus recursos florestais**. p. 103-118, 2002.

REIS, M.S.; CONTE, R.; NODARI, R.O.; FANTINI, A.C.; REIS, A.; MANTOVANI, A.; MARIOT, A. Manejo sustentável do palmitero. In: REIS, A. & REIS, M.S. ***Euterpe edulis* Martius – Biologia, conservação e manejo sustentado**. p. 202-224, 2000.

REIS, M.S. Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para conservação e manejo de populações naturais em plantas. **Revista brasileira de genética**, v.19, n.4 (suplemento), p. 37-47, 1996b.

REIS, M.S. Distribuição e Dinâmica da Variabilidade Genética em Populações naturais de Palmitero (*Euterpe edulis* Martius). Piracicaba, SP, 1996a. 210p. (Tese de doutorado, ESALQ/USP).

REIS, M.S.; FRANCHINI, R.G.; REIS, A.; FANTINI, A.C. Variação no período germinativo em sementes de *Euterpe edulis* Martius procedentes da região de Morretes – PR. **Anais do segundo congresso sobre essências nativas**. V 4. São Paulo, SP. P. 1252-1257, 1992b.

REIS, M.S.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. Management of natural populations and maintenance of genetic diversity. In: Workshop on “Recent advances in biotechnology for tree conservation and management”. Florianópolis, 1997. **Proceedings**. **Stockolm**: IFS, p.145-156, 1998.

REIS, M.S.; GUIMARÃES, E.; OLIVEIRA, G.P. Estudos preliminares da biologia reprodutiva do palmitreiro (*Euterpe edulis*) em mata residual do Estado de São Paulo. In: **7º Congresso Florestal Brasileiro**, Curitiba, 1993. **Anais**. Curitiba, p. 358-360, 1993.

REIS, M.S.; REIS, A.; NODARI, R.O.; GUERRA, M.P.; FANTINI, A.C.; ENDER, M.; BASSANI, A. Incremento corrente anual do palmitreiro (*Euterpe edulis*) na Floresta Ombrófila Densa. **Insula**, v.19, p. 51-56, 1989.

ROBINSON, I.P. Aloenzimas na genética de populações de plantas. In: ALFENAS, A.C. (Ed.). **Eletroforese de Isoenzimas e Proteínas Afins/Fundamentos e Aplicações em Plantas e Microorganismos**. Viçosa: UFV, p. 329-380, 1998.

SANTOS, E.G. Ecologia da polinização, fluxo de pólen e taxa de cruzamento em *Bauhinia forficata* Link. (Caesalpiniaceae). Piracicaba, SP, 1994. 114p. (Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP).

SEBBENN, A.M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, v.14, n.2, p.115-132, 2002.

SEBBENN, A.M.; KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, R. Conservação genética *in situ* e número de matrizes para a coleta de sementes em populações de *Genipa americana* L. **Scientia Forestalis**, n.63, p.13-22, 2003.

SEBBENN, A.M.; SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; VENCovsky, R. Efeitos do manejo na estrutura genética de populações de caixeta (*Tabebuia cassinoides*). **Scientia Forestalis**, n.58, p.127-143, 2000.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M. Efeitos da fragmentação florestal na estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl.(Guarantã). **Scientia Forestalis**, n.57, p.123-139, 2000.

SOUZA, L.M.F.I. Estrutura genética de populações naturais de *Chorisia speciosa* St. Hil. (Bombacaceae) em fragmentos florestais na região de Bauru (SP) – Brasil. Piracicaba, SP, 1997. 76p. (Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP).

SUN, M. Effects of population size, mating system, and evolutionary origin on genetic diversity in *Spiranthes sinensis* and *S. hongkongensis*. **Conservation Biology**, v.10, p.785-795, 1996.

SWOFFORD, D.L.; SELANDER, R.B. **Biosys-1: A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics**. Release 1.7. Natural History Survey, Illinois, 1989. 43p.

TEMPLETON, A.R.; SHAW, K.; ROUTMAN, E.; DAVIS, S.K. The genetics consequences of habitat fragmentation. **Annual missouri ot gardens**, v. 77, p. 13-27, 1990.

TORGGLER, M.G.F.; CONTEL, E.P.B. & TORGGLER, S.P. **Isoenzimas: Variabilidade genética em plantas**. SBG (Série monografias, 1), 1995. 186p.

VASCONCELOS, G.M.P. Diversidade genética de *Myrciaria floribunda* (West ex Willdenow) Berg (Cambuí) em paisagem fragmentada da Serra da Mantiqueira, MG. Piracicaba, SP, 2002 (Dissertação de mestrado/ESALQ/USP).



VELOSO, H.P. e KLEIN, R.M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial atlântica do sul do Brasil. I. As associações do município de Brusque, SC. **Sellowia**, v.8, p. 81-235, 1957.

VELOSO, H.P. e KLEIN, R.M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial atlântica do sul do Brasil. II. Dinamismo e fidelidade das espécies em associações do município de Brusque, SC. **Sellowia**, v.10, p. 9-124, 1959.

VENCOVSKY, R. Biometrical approaches for molecular markers: estimation of effective population size. In International Workshop on Agricultural Biotechnology, 1997. **Proceedings**, ESALQ-USP, Piracicaba, Cook College – New Jersey Agricultural Experiment Station, The State University of New Jersey, Rutgers, 1997. 2p.

VERGEER, P.; RENGELINK, R.; COPAL, A.; OUBORG, J. The interacting effects of genetic variation, habitat quality and population size on performance of *Succisa pratensis*. **Journal of Ecology**, v.91, p.18-26, 2003.

YOUNG, A.G.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Tree**, v. 11, n. 10, p. 413-418, 1996.

YOUNG, A.G.; MERRIAM, H.G. Effects of forest fragmentation on the spatial genetic structure of *Acer saccharum* Marsh. (sugar maple) populations. **Heredity**, v. 72, p. 201-208, 1994.

WHITE, G.M.; BOSHIER, D.H.; POWELL, W. Genetic variation within a fragmented population of *Swietenia humilis* Zucc. **Molecular Ecology**, v.8, p.1899-1909, 1999.

WRIGHT, S. Evolution and the genetics of populations. v.2. The theory of gene frequencies. The University of Chicago, 1969.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian populations. **Genetics**, 16, 97-159, 1931.

## 9. ANEXOS:

### 9.1 Sistemas de Revelação Enzimática:

#### 1) Alfa Esterase ( $\alpha$ -EST):

$\alpha$ -Naftil-Acetato.....0,020 gr (diluído em 1 ml de acetona + 1ml de água dest.)  
Fast Garnet.....0,050 gr (diluído com o tampão de revelação)

Tampão de Revelação: Fosfato de Potássio 0,05 M pH:6,0 50ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

#### 2) Diaforase (DIA):

NADH.....0,015 gr (diluído com o tampão de revelação)  
2,6 Diclorofenol-indofenol..... 0,010 gr (diluído com o tampão de revelação)  
MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,05 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

#### 3) Glucose-6-Fosfato Desidrogenase (G6PDH):

Glucose-6-Fosfato..... 0,100 gr (diluído com o tampão de revelação)  
NADP<sup>+</sup>,Na<sub>2</sub>.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MgCl<sub>2</sub> (1%).....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,2 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

#### 4) Fosfogluose Isomerase (PGI):

Frutose-6-Fosfato,Na<sub>3</sub>..... 0,0375 gr (diluído com o tampão de revelação)  
NADP<sup>+</sup>,Na<sub>2</sub>..... 0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MgCl<sub>2</sub> (1%).....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,1 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e adicionar a enzima:

Glucose-6-Fosfato-Desidrogenase.....10 UN

\*Misturar novamente os componentes e despejar a mistura sobre a camada específica do gel.

**5) Fosfoglucomutase (PGM):**

Glucose-1-Fosfato, Na<sub>3</sub>..... 0,125 gr (diluído com o tampão de revelação)  
 EDTA..... 0,025 gr (diluído com o tampão de revelação)  
 NADP<sup>+</sup>, Na<sub>2</sub>..... 0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 MgCl<sub>2</sub> (1%).....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,1 M pH:8,5 50 ml

\*Misturar os componentes e adicionar a enzima:

Glucose-6-Fosfato-Desidrogenase.....20 UN

\*Misturar novamente os componentes e despejar a mistura sobre a camada específica do gel.

**6) Peroxidase (PRX):**

O-Dianisidina.....0,016 gr (diluído com o tampão de revelação)

Tampão de Revelação: Acetato de Sódio 0,1 M pH:4,5 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.....1 ml (pipetar sobre o gel após 20 minutos)

**7) Shiquimato Desidrogenase (SKDH):**

Ácido Xiquímico.....0,050 gr (diluído com o tampão de revelação)  
 NADP<sup>+</sup>, Na<sub>2</sub>..... 0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,1 M pH:8,5 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

**8) 6-Fosfogluconato-Desidrogenas (6PGDH):**

Ácido-6-Fosfogluconico, Na<sub>3</sub>..... 0,020 gr (diluído com o tampão de revelação)  
 NADP<sup>+</sup>, Na<sub>2</sub>..... 0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
 MgCl<sub>2</sub> (1%).....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,1 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

**9) Isocitrato Desidrogenase (IDH):**

DL-Ácido Isocítrico, Na<sub>3</sub>..... 0,100 gr (diluído com o tampão de revelação)  
NADP<sup>+</sup>,Na<sub>2</sub>..... 0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
PMS.....0,001 gr (diluído em 1 ml de água destilada)  
MgCl<sub>2</sub> (1%).....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,1 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.

**10) Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Desidrogenase (NADHDH):**

NADH..... 0,025 gr (diluído com o tampão de revelação)  
MTT.....0,010 gr (diluído em 1 ml de água destilada)

Tampão de Revelação: Tris-HCl 0,2 M pH:8,0 50 ml

\*Misturar os componentes e despejar sobre a camada específica do gel.