PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE MEIOS IRMÃOS
E CLONAIIS NUMA POPULAÇÃO DE *EUCALYPTUS GRANDIS*
(HILL) MAIDEN NA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA-PR

PAULO KIKUTI
ENG^o FLORESTAL

Orientador: Prof. Paulo Y. Kageyama

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Ciências Florestais

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
MAIO - 1988

K47p Kikuti, Paulo
Parâmetros genéticos em progênies de meios
irmãos e clonais numa população de Eucalyptus
grandis (Hill) Maiden na região de Telêmaco
Borba - PR. Piracicaba, 1988.
119p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Eucalipto - Melhoramento 2. Eucalipto - Po
pulação - Parâmetro genético 3. Genética florestal
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 634.9734

PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGENIES DE MEIOS IRMÃOS
E CLONAIIS NUMA POPULAÇÃO DE *EUCALYPTUS GRANDIS*
(HILL) MAIDEN NA REGIÃO DE TELÊMACO BORBA-PR

PAULO KIKUTI

APROVADA EM: 19-08-1988

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama ESALQ/USP

Prof. Dr. Mário Ferreira ESALQ/USP

Prof. Dr. Roland Vencovsky ESALQ/USP

Paulo Yoshio Kageyama

ORIENTADOR

À minha esposa *Lucélia*
e às minhas filhas
Juliana e Mariana

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos e em especial deferência:

- ao Prof.Dr. Paulo Yoshio Kageyama, pela orientação e incentivo na realização deste trabalho.
- à Indústria Klabin de Papel e Celulose S.A., em especial ao Dr.Rui Fernando Romero Monteiro e Dr. Raul Mário Speltz, pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho.
- aos amigos e pesquisadores da Klabin, em especial ao Moacyr Fantini Junior, Ivone Satsuki Namikawa e Moacir Marcolin, pelo apoio, troca de informações e sugestões.
- aos técnicos, em especial ao Bráulio Roberto Bahr, Abel Santana, Edmilson Luiz Quadros, Ronaldo de Paula Castanho e Antonio Cesar Benato, pela colaboração na instalação e manutenção do ensaio e na coleta de dados do experimento.
- ao Divonzir Araújo Carneiro e Jairo Mendes de Matos pela colaboração no processamento dos dados.
- à Symone Borges de Oliveira, pela dedicação no trabalho de datilografia.
- à minha esposa Lucélia B. Lopes Kikuti, pelo apoio e incentivo constante.
- à todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	xi
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Métodos de Melhoramento Florestal	4
2.1.1. Melhoramento genético por via sexuada	7
2.1.2. Melhoramento genético por via assexuada (Propagação vegetativa)	9
2.1.3. Desenvolvimento de plantas propagadas ve- getativamente em comparação com plantas propagadas por sementes	12
2.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos	15
2.2.1. Teste de progênes de polinização aberta	23
2.2.2. Teste de progênie clonal	25
2.3. Estimativas de Herdabilidade no Sentido Restrito e no Sentido Amplo	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1. Material	36
3.1.1. Material genético	36
3.1.2. Descrição do local de instalação do experi- mento	37
3.2. Métodos	38
3.2.1. Instalação dos ensaios	38

	Página
3.2.2. Delineamento experimental	39
3.2.3. Condução do experimento	39
3.2.4. Coleta de dados	40
3.2.5. Análise estatística e estimação de variâncias genéticas e fenotípicas	40
3.2.6. Análise de variância conjunta para métodos de propagação, envolvendo as árvores selecionadas e testemunhas sem seleção	46
3.2.7. Estimativa dos coeficientes de herdabilidade (h^2)	47
3.2.8. Estimativas de progressos genéticos na seleção	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Resultados das Análises de Variância Individuais	51
4.2. Resultados das Análises das Variâncias Conjuntas para as Características de Crescimento Envolvendo Métodos de Propagação	69
4.3. Estimativa de Parâmetros Genéticos	78
4.3.1. Estimativa de variâncias genéticas e não genéticas para as características altura, DAP e volume cilíndrico	78
4.3.2. Estimativas de herdabilidade	91
4.3.3. Estimativa de ganho genético com seleção entre e dentro de progênies para as características altura, DAP e volume cilíndrico	101
5. CONCLUSÕES	106
LITERATURA CITADA	109

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Coeficientes de herdabilidades no sentido restrito ao nível de planta individual para diversas características e espécies	32
2	Coeficiente de herdabilidade para densidade da madeira, segundo BRITO & BARRICHELO e FERREIRA (1978).....	33
3	Coeficientes de herdabilidades para diversas espécies e características	35
4	Sobrevivência das progênies aos 30 meses de idade	52
5	Resultados das análises de variância para a característica altura da planta	54
6	Dados comparativos de altura média (m) entre matrizes selecionadas e testemunhas sem seleção para dois métodos de propagação	56
7	Dados comparativos de altura média (m) entre métodos de propagação (progênies de meios irmãos e progênies clonais) para matrizes selecionadas e testemunhas	57
8	Resultados da análise de variância individual para característica DAP (cm), aos 30 meses de idade	60
9	Valores comparativos para diâmetro de plantas (DAP em cm) entre matrizes selecionadas e testemunhas para os dois métodos de propagação	62

Tabela nº

Página

10	Dados comparativos de diâmetro (DAP em cm) entre métodos de propagação (progênes de meios irmãos e progênes clonais) para matrizes selecionadas e testemunhas	63
11	Resultados das análises de variância individual em látice, para a característica volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) aos 30 meses de idade	65
12	Valores comparativos de volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) entre matrizes selecionadas e testemunhas e entre métodos de propagação, aos 30 meses de idade	66
13	Valores de F e coeficientes de variação experimental (CV %) nas análises de variância conjunta para altura, DAP e volume cilíndrico envolvendo dois métodos de propagação, aos 30 meses de idade	70
14	Incremento médio anual (IMA) em volume cilíndrico ($m^3/\text{ha/ano}$) aos 30 meses de idade, para progênes de meios irmãos e clonais	71
15	Médias ajustadas de altura, DAP e volume cilíndrico das 45 matrizes selecionadas aos 30 meses de idade e ordenadas em posições decrescentes	75
16	Estimativa de variâncias genéticas dentro de progênes (σ^2_d), entre progênes (σ^2_p), do erro (σ^2_e), fenotípica (σ^2_F) e a relação σ^2_d/σ^2_p , para as características altura, DAP e volume cilíndrico, aos 30 meses de idade	79

Tabela nº

Página

17	Estimativas das variâncias genéticas não aditivas (σ^2_{NA}) em progênies de meios irmãos para características de crescimento, aos 30 meses de idade	82
18	Coeficiente de variação dentro de progênies ($CV_d\%$), entre progênies ($CV_p\%$) e fenotípicas ($CV_F\%$) para as características estudadas aos 30 meses de idade	84
19	Coeficiente de variação dentro de progênies para as características altura e DAP nas idades de 12, 18, 24 e 30 meses	86
20	Coeficientes de variação genética entre progênies ($CV_p\%$), para as características altura e DAP aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade	87
21	Coeficiente de variação fenotípica ($CV_F\%$) para as características altura da planta e DAP aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade	89
22	Estimativas de coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas individuais ($h^2_{\text{individuais}}$), ao nível de médias de famílias ($h^2_{\text{médias}}$) e ao nível de plantas dentro de famílias (h^2_{dentro}), no sentido restrito para progênies de meios irmãos e no sentido amplo para progênies clonais	92
23	Coeficientes de herdabilidade para progênies de meios irmãos (PMI) e para progênies clonais, para matrizes selecionadas e testemunhas, aos 30 meses de idade	97

Tabela nº

Página

24	Coeficientes de herdabilidade para matrizes selecionadas e testemunhas para progênie de meios irmãos e clonais, aos 30 meses de idade	99
25	Estimativa de ganhos genéticos ($G_s\%$) em progênie de meios irmãos e em progênie clonais, para as características altura, DAP e volume cilíndrico	102

PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE MEIOS IRMÃOS E CLONAIIS NUMA
POPULAÇÃO DE *Eucalyptus grandis* (Hill) MAIDEN NA REGIÃO
DE TELÊMACO BORBA - PR.

Autor: Paulo Kikuti

Orientador: Prof.Dr. Paulo Yoshio Kageyama

RESUMO

O desenvolvimento da técnica de propagação vegetativa por estaquia em espécies de *Eucalyptus* tem possibilitado o plantio de populações melhoradas a curto prazo, representando uma ferramenta importante nos programas de melhoramento florestal.

Este trabalho teve como objetivos estimar os parâmetros genéticos de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, para características de crescimento, avaliação do potencial genético de árvores selecionadas e estimar os ganhos genéticos com a seleção, em dois métodos de propagação.

Foram instalados nas mesmas condições testes de progênies de meios irmãos e clonais, a partir de 45 árvores selecionadas e de 36 árvores tomadas ao acaso da população. Os ensaios foram implantados no município de Telêmaco Borba-Pr, em maio de 1985, utilizando-se o delineamento experimental em látice triplo 9x9. Foram utilizadas parcelas lineares de 10 plantas a um espaçamento de 3,0 x 3,0m.

As avaliações dos testes foram realizadas nas idades de 12, 18, 24 e 30 meses para as características altura e diâmetro, e de 24 e 30 meses para volume cilíndrico. Os resultados mostraram uma boa sobrevivência nas mudas propagadas por sementes, sendo de 96,5% para matrizes selecionadas e 97,7% para testemunhas. Nas progênes clonais as sobrevivências foram de 85,7% e 79,8%, respectivamente para matrizes selecionadas e testemunhas.

Os valores de F nas análises de variância em látice mostraram variações genéticas significativas para as características altura, DAP e volume cilíndrico, tanto entre progênes de meios irmãos como entre progênes clonais, aos 30 meses de idade.

Para as características de crescimento foram detectadas melhores médias nas plantas propagadas por sementes em relação às plantas propagadas por estacas. Essa diferença entre progênes de meios irmãos e clonais para o volume cilíndrico foi de 10,60% para matrizes selecionadas e de 17,72% para testemunhas.

A análise conjunta para os dois métodos de propagação revelou variações genéticas entre progênes altamente significativas para todas as características. Os efeitos do método de propagação e de interação progênes x método de propagação também foram altamente significativos. O comportamento diferencial das matrizes frente ao método de propagação sugere a sua utilização para obtenção de materiais específicos nos programas de melhoramento sexuado ou assexuado.

Os clones apresentaram um crescimento inicial lento em relação às progênes de meios irmãos e um alto coeficiente de variação dentro de parcelas ($CV_d\%$) aos 12 meses de idade. Entretanto, nos clones o coeficiente de variação dentro de parcelas, nas características estudadas, mostrou tendência de diminuição com a idade, sendo que aos 30 meses apresentaram menores valores em relação às progênes de meios irmãos. Quanto ao coeficiente de variação entre progênes ($CV_p\%$), foram detectados menores valores em progênes de meios irmãos. A relação σ^2_d/σ^2_p mostrou valores altos, acima de 10, confirmando a característica alógama da espécie, enquanto que nas progênes clonais essa relação apresentou valores baixos (entre 1,64 e 3,23), mostrando padrões de plantas de propagação vegetativa.

Detectou-se coeficientes de herdabilidades maiores no sentido amplo (progênes clonais) que no sentido restrito (progênes de meios irmãos), tanto ao nível de plantas individuais como ao nível de médias de famílias, sendo que as diferenças variaram para cada característica e em cada material genético (matrizes selecionadas e testemunhas). A estimativa de ganho genético ($G_s\%$) com a seleção entre progênes foi maior nos clones do que em progênes de meios irmãos. Entretanto verificou-se que nas progênes de meios irmãos a possibilidade de se efetuar também a seleção dentro, pode tornar os ganhos próximos entre os dois métodos de propagação.

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS IN HALF-SIBS AND CLONAL
PROGENIES ON A *Eucalyptus grandis* (Hill) MAIDEN
POPULATION IN TELÊMACO BORBA, Pr.

Author: Paulo Kikuti

Adviser: Prof.Dr. Paulo Yoshio Kageyama

SUMMARY

The development of rooting cuttings technics in *Eucalyptus* species has made improved population establishment possible in a short period of time, being an important tool dealing to breeding programs.

The objectives of this work were to estimate the genetic parameters of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden population to evaluate the genetic potential of the selected trees and to estimate genetic gains with selection for the propagation methods used.

Half-sib and clonal progeny tests from 45 selected trees and 36 without selection were established at the same environment condition in Telêmaco Borba, Pr., in May 1985.

Linear plots consisting of 10 plants and the 3,0 x 3,0m spacing were used in triple 9x9 lattice experimental design.

The evaluation of the trials was conducted at the ages of 12, 18, 24 and 30 months, for height and diameter growth. At 24 and 30 months, cylindric volume was also evaluate.

The results showed better survival rates for seedlings; 96,5% from the selected trees and 97,7% from trees without selection compared to cuttings: 85,7% and 79,8% from selected and non selected trees, respectively.

At 30 months the F values revealed significant genetic variation for height, DBH and cylindric volume characteristics, among half-sibs progenies as well as among clonal progenies.

The best averages for growth characteristics were obtained in plant propagation by seeds compared to rooted cuttings. The difference in cylindric volume growth between half-sib and clonal progenies was 10,60% for selected trees and 21,44% for non selected trees.

The joint analysis of variance for propagation methods showed significant genetic variation among progenies for all characteristics studied. Also, the effects of propagation methods and the progeny x propagation method interaction were highly significant. Different pattern of behavior were detected among progenies when propagated by seeds or by cuttings, suggesting the utilization of specific material to sexual or assexual breeding program.

At first, clonal progenies revealed slow development and high coefficient of variation within clones in relation to half-sib progenies. However, the coefficient of variation within the clones showed general decreasing tendency with the age and at 30 months, the plants propagated by cuttings showed lower coefficient of variation within the progenies than those propagated by seeds.

On the other hand, the coefficient of variation among progenies were higher for the clones than those for the seedlings.

The relationships between phenotypic variation within progenies and genetic variation among progenies (σ^2_d/σ^2_p) for half-sib progenies revealed high values (above 10,00), suggesting outbreeding species characteristics while for clonal progenies, the relationship showed low values (between 1,64 to 3,23), suggesting vegetative propagation's characteristic.

The broad sense heritability (for clonal progeny) were greater than the narrow sense heritability (for half-sib progeny) at plant level as well as the average family level and the pattern of difference between of two type of heritability changed among the characteristics studied and for genetic material (selected and without selection trees).

The estimates of genetic gains with selection among progenies showed major values for cuttings (clonal progeny) than those obtained by seedlings (half-sib progeny) for all characteristics. However, because of the possibility to make selection within family on the half-sib progenies, approximately same gains between propagation methods were observed.

1. INTRODUÇÃO

Introduzido no Brasil, o gênero *Eucalyptus* mostrou excelente adaptação e vem sendo largamente utilizado em reflorestamento visando a produção de madeira para diversas finalidades, tais como para serraria, celulose e papel, chapas de fibras, carvão vegetal, lenha, etc.

Dentre as diversas espécies utilizadas, o *Eucalyptus grandis* é o mais plantado por apresentar boas características tecnológicas e silviculturais como, alto incremento volumétrico, boa forma do tronco, qualidade adequada da madeira em condições ecológicas amplas.

Na região de origem, esta espécie apresenta uma ampla área de ocorrência natural. Dentre as procedências, a de Coff's Harbour apresentou o melhor desenvolvimento no Estado de São Paulo, originando grandes populações na região de Mogi-Guaçu. A partir de sementes desta população base, foram reflorestadas grandes áreas com esta espécie na região de Telêmaco Borba, Paranã, onde também apresentou excelente adaptação e alta produtividade de madeira.

Para fins de melhoramento genético desta população, foram iniciados trabalhos de seleção de árvores superiores principalmente quanto a característica de crescimento e forma do tronco.

Por outro lado, o desenvolvimento de técnicas de propagação vegetativa por estaquia em espécies de *Eucalyptus* tem possibilitado o plantio de populações melhoradas a curto prazo, com ganhos bastante elevados. Assim, esta técnica representa um papel importante nos programas de melhoramento, principalmente na utilização de híbridos que apresentaram vigor e boa adaptação local. Este método permite a exploração da variabilidade genética total e conseqüentemente obter maior progresso com a seleção.

Entretanto, a grande questão é com respeito ao ganho a ser obtido a partir de propagação vegetativa em relação à propagação por sementes, quando se utilizam espécies puras. Neste caso, a comparação de ganho deve ser feita entre clones selecionados e progênes obtidas de sementes melhoradas.

As informações genéticas sobre o assunto são escassas na literatura, principalmente em *Eucalyptus*, por ser uma técnica de propagação massal relativamente recente.

Este trabalho constitui basicamente da instalação dos testes de progênes por sementes e por clones provenientes de árvores selecionadas e de árvores ao acaso na população de *Eucalyptus grandis* implantada na região de Telêmaco Borba.

O ensaio envolvendo progênes de polinização livre (meios irmãos) e progênes clonais teve os seguintes objetivos:

- a. Avaliar o potencial de crescimento de progênes de meios irmãos e clonais provenientes de árvores selecionadas e não selecionadas de uma população de *Eucalyptus grandis*.
- b. Determinar os parâmetros genéticos para progênes de meios irmãos e clonais, provenientes de árvores selecionadas e não selecionadas da população.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Métodos de Melhoramento Florestal

O programa de melhoramento de essências florestais é distinto claramente das plantas agrícolas ou hortícolas. Nestas plantas, os esforços de melhoramento estão voltados ao desenvolvimento de uma boa variedade, constituída de genótipos mais ou menos uniformes, enquanto que em essências florestais, com poucas exceções, esta uniformidade é indesejável do ponto de vista de manejo devido ao período de rotação relativamente longo, alta variabilidade das condições do "site" e amplo risco de dano por pragas e doenças.

Os esquemas de melhoramento genético de espécies florestais exóticas, de um modo geral, podem ser resumidos em introdução de espécies, instalação de ensaios de procedências e seleção dentro de população base (KAGEYAMA, 1980).

Assim, um programa de melhoramento tradicional, conforme BAWA (1976) e WRIGHT (1964), consiste tipicamente de:

- a. seleção de fenótipos superiores em populações naturais;
- b. replicação do fenótipo selecionado em banco clonal;
- c. recombinação de genótipo através de polinização controlada;
- d. instalação de ensaios de progênies.

Estes métodos, segundo KAGEYAMA (1981), baseiam-se principalmente na seleção intensiva de árvores fenotipicamente superiores, justificados pela existência de uma ampla variabilidade natural ainda a ser explorada nas populações. Esta variabilidade genética pode ser, basicamente, entre espécies, entre procedências de uma mesma espécie e entre árvores de uma procedência.

SHELBOURNE (1969) cita que os melhoristas florestais, para planejarem programas efetivos, devem conhecer uma gama de possíveis métodos de melhoramento e ter alguns meios de comparação da quantidade de progresso que se pode esperar de cada uma.

Entretanto, há que considerar que as seleções recorrentes sucessivas, nos programas tradicionais de melhoramento, com um aumento gradativo da intensidade de seleção, reduzem o tamanho efetivo de indivíduos da população, podendo levar ao estreitamento da base genética e consequentemente ao esgotamento da variabilidade. Ainda nestes programas, a interação genótipo $\times$ ambiente é aproveitada para selecionar genótipos que respondam favoravelmente a uma ampla gama de condições, mesmo que haja um menor ganho em cada local.

A estratégia de multipopulações, apresentada por NAMKOONG (1984) diz respeito à existência de várias populações selecionadas, provenientes da mesma população base original, mantida em separado de certa forma divergentes. Desta forma, a utilização de diferentes sub populações para diferentes situações ecológicas e usos finais permite um maior ganho genético por geração. Essa estratégia mantém a variabilidade potencial da população base inicial, através da possibilidade de cruzamento de multipopulações, ao mesmo tempo que permite o melhoramento contínuo de cada sub população.

Populações múltiplas são selecionadas como unidade de melhoramento com diversos objetivos fixados. Quanto mais diversos forem os objetivos, maior e mais numerosas devem ser as populações divergentes (NAMKOONG, 1982).

O programa de melhoramento clássico baseia-se numa única população base, escolhida em função dos objetivos econômicos e condições ambientais. Assim, inicialmente seleciona-se a espécie, em seguida a procedência da mesma espécie e finalmente população dentro da procedência, que será melhorada durante gerações sucessivas, para diversas características silviculturais. Em contraste a este programa, a estratégia de multilinhas, conforme CHAPERON (1984), consiste na conservação, a cada estágio do programa, de diversas espécies, diversas procedências ou diversas populações, cada uma selecionada para uma característica ou ambientes diferentes. A utilização destas populações em cruzamentos complementares, poderá permitir maiores ganhos genéticos que a estratégia clássica.

Portanto as vantagens desta estratégia residem na obtenção

de ganhos genéticos maiores, particularmente quando as características são negativamente correlacionadas e na manutenção da variabilidade genética que pode ser preservada em todos os níveis.

Por outro lado, quando se seleciona uma população de indivíduos para uma ampla gama de condições, tem-se um menor ganho para cada local e maior restrição na variabilidade para a população (NAMKOONG, 1984).

Tanto na estratégia tradicional como na de multipopulações, distinguem-se 2 métodos principais de melhoramento: método baseado na via sexual e método baseado na via assexual. Em ambos os métodos, os ganhos genéticos em cada geração são funções da herdabilidade das características das árvores, da intensidade de seleção (FERREIRA, 1980) e do número de caracteres sob seleção (QUIJADA, 1980).

2.1.1. Melhoramento genético por via sexuada

Conforme FERREIRA (1980), este método baseia-se na produção de sementes utilizando-se a variabilidade genética natural existente entre populações e entre indivíduos. Neste programa, são instaladas áreas de coleta de sementes, bancos clonais, pomares de sementes clonais ou por mudas e os testes de progêies.

Assim, as árvores fenotipicamente superiores são multiplicadas vegetativamente somente para instalação de pomares para produção de sementes de qualidade genética superior. A seleção fenotípica individual dentro da população base adequada e sua utilização para produção de

sementes melhoradas através de pomares de sementes, tanto por clones como por mudas, constitui um dos métodos mais correntes no melhoramento florestal (KAGEYAMA e VENCovsky, 1983).

Porém, neste esquema de seleção é necessária a obtenção de genótipos superiores ou indivíduos que sejam capazes de deixar descendentes também com genótipos superiores. Conforme VENCovsky (1977), em plantas panmíticas onde a multiplicação é feita por cruzamento, o genótipo dos descendentes não depende só do indivíduo selecionado, mas também do genótipo daqueles indivíduos com o qual ele foi cruzado. Portanto, o valor genotípico dos genitores nem sempre é reproduzido integralmente nos descendentes.

Desta forma, é necessário o conhecimento do grau de controle genético na manifestação fenotípica das diversas características, para um direcionamento consciente do programa de melhoramento a ser desenvolvido (FONSECA, 1979).

Assim, a informação sobre herdabilidade é necessária não somente para avaliação dos efeitos no melhoramento, mas também para escolha do esquema de melhoramento (TODA, 1972, SQUILLACE *et alii*, 1967). Quando a herdabilidade de uma característica é alta, a propagação de indivíduos selecionados em pomares de sementes dará ganho genético correspondente à alta intensidade de seleção. Caso contrário, quando o valor da herdabilidade é baixo, a alta intensidade de seleção não dará grande progresso nos valores genotípicos das progênes, enquanto que a seleção de grande número de indivíduos com baixa intensidade de seleção, seguida de seleção entre famílias de progênes dará um progresso mais constante.

A seleção por famílias vem sendo considerada altamente importante para as características de baixa herdabilidade, tais como as de difícil avaliação fenotípica, como as características da qualidade da madeira (KAGEYAMA, 1980b).

Em plantios em larga escala, há três vantagens principais para a reprodução por sementes (LONGMAM, 1976): a) obtenção de grande número de plantas quando a espécie é uma boa produtora de sementes, b) as sementes podem ser armazenadas, c) a variação é mantida em gerações sucessivas, embora possa haver sérios problemas de depressão endogâmica quando as sementes são colhidas de árvores isoladas ou de grupos de árvores estreitamente aparentadas.

Porém, a importância do melhoramento genético por via sexuada reside na possibilidade de se efetuar a recombinação entre as matrizes e a seleção na nova população, o que permite obter ganhos sucessivos a cada geração, sem redução significativa do tamanho efetivo populacional.

2.1.2. Melhoramento genético por via assexuada (Propagação vegetativa)

A propagação vegetativa tem sido utilizada amplamente em melhoramento, segundo QUIJADA (1980b), para estabelecimento de bancos e pomares de sementes clonais, propagação de híbridos e, ainda, para propagação de plantas selecionadas em larga escala.

Várias finalidades da propagação vegetativa são apresentadas por BURDON (1982) num programa de melhoramento, tais como a manutenção de genótipos em arquivo, suprir pomares de sementes clonais, propagação massal de clones selecionados, utilização total dos efeitos dos gens não aditivos e obter informações genéticas. A propagação vegetativa possibilita, ainda, a obtenção de florestas com grande uniformidade no tamanho das árvores, qualidade e propriedades da madeira (ZOBEL e TALBERT, 1984).

O melhoramento genético por via assexuada em *Eucalyptus*, conforme FERREIRA (1980), é realizado através de enraizamento de propágulos de árvores selecionadas, na maioria dos casos de híbridos, visando a implantação de testes de progênie clonais e áreas de multiplicação clonal, básicos para formação de plantações comerciais.

A implantação de florestas constituídas de clones, para muitas espécies florestais incluindo o *Eucalyptus* spp., foram possíveis pelo desenvolvimento da técnica de propagação por estacas, a um custo competitivo (ROULAND, 1973). Segundo CHAPERON (1984), a propagação por estaquia geralmente é utilizada para duas diferentes finalidades:

- a. como instrumento para melhoramento, possibilitando a conservação genética (banco clonal), instalação de pomar de sementes clonal, estimativa de parâmetros genéticos e pesquisas em fisiologia e patologia;
- b. para difusão de progresso genético através de multiplicação massal de famílias ou indivíduos superiores.

Nas plantas que permitem a reprodução vegetativa, os esquemas mais simples de seleção compreendem apenas a identificação de fenótipos desejáveis. Neste caso, o tipo de genótipo não influencia no processo de multiplicação, já que os descendentes terão todos exatamente o mesmo genótipo que aquele selecionado inicialmente (VENCOVSKY, 1977).

Assim, a propagação vegetativa possibilita a exploração de variabilidade genética total e perpetua genótipos superiores, sem diluir seu potencial genético e também permite uma maior uniformidade nas plantações do que quando se utiliza sementes (THULIN, 1969).

Desta forma, o que se procura em programas de melhoramento, baseados em métodos assexuados, é a obtenção de ganhos genéticos máximos numa única geração, utilizando todos os níveis de variabilidade entre espécies e dentro de espécies (FERREIRA, 1980).

Porém, deve-se lembrar que a redução da variabilidade genética por esse método pode limitar os programas de melhoramento a longo prazo, além de elevar o risco de infestação de insetos e doenças em plantações constituídas por um número limitado de clones.

Entretanto, a propagação vegetativa por estaquia, aplicada na estratégia de multilinhas, conforme CHAPERON (1984), permite maior variabilidade na população, maior flexibilidade no programa de melhoramento e progresso genético mais rápido, além de possibilitar um aumento de precisão na seleção de genótipos em teste de progênies.

Segundo THULIN (1969), o uso de estacas enraizadas é particularmente útil em melhoramento florestal para características de baixa

herdabilidade, em usos específicos e para maior adaptabilidade ao frio e "sites" nutricionalmente deficientes.

ZOBEL *et alii* (1983) sugerem a propagação vegetativa através de estacas para *Eucalyptus* como um método de obtenção de madeira uniforme e de melhor qualidade, através da seleção das melhores árvores. Segundo os autores, o método proporciona um ganho rápido comparado à propagação sexuada, mas deve-se levar em consideração o afunilamento de base genética.

Quando a espécie for facilmente propagada vegetativamente, a clonagem torna-se uma medida rotineira. Juntamente com a uniformidade nos clones, a perspectiva mais atraente é o uso total dos efeitos dos genes não aditivos, o qual não é possível obter na propagação por sementes (BURDON, 1982).

Porém, efeitos de maturação são frequentemente cruciais à praticabilidade de propagação massal vegetativamente, conforme BURDON (1982) e a multiplicação de material inteiramente juvenil será necessário.

2.1.3. Desenvolvimento de plantas propagadas vegetativamente em comparação com plantas propagadas por sementes

RAUTER (1982) recomenda que antes de envolver-se em um programa de propagação vegetativa em larga escala, deve haver garantia que o material manterá a sua superioridade desde o estabelecimento até a exploração. Testes comparativos entre clones e plantas propagadas por sementes são geralmente inadequados, embora alguns apresentem diferenças e

similaridades na taxa de crescimento e forma (ZOBEL e TALBERT, 1982).

Shelbourne e Thulin (1974) citados por RAUTER (1982), encontraram taxas de crescimento inicial de estacas de *Pinus radiata* menor que em mudas por sementes.

Em testes de campo, FRAMPTON JR. (1986) verificou diferenças em crescimento, resistência a doença e morfologia entre plântulas de *Pinus taeda* micropropagadas vegetativamente e mudas de sementes. O crescimento até os 4 anos em altura foi inferior em plântulas micropropagadas e segundo este mesmo autor, este resultado está grandemente relacionado com a diferença no tamanho inicial das mudas e no crescimento mais lento no primeiro ano.

BERTOLOTTI (1986) comparando o comportamento silvicultural de árvores propagadas vegetativamente e material propagado por sementes com diferentes graus de melhoramento em *Eucalyptus grandis*, verificou que a estaquia não correspondeu a expectativa teórica. As estimativas de ganhos obtidos em volume de madeira aos 2 anos foram, respectivamente para monoclonos e multiclonos, 21,3% e 12,1% inferior em relação às sementes comerciais, em solo podzólico vermelho escuro.

Estudando as diferenças entre a parte aérea e o sistema radicular em *Pinus taeda* de 2 anos de idade, FRAMPTON JR. e MACKEAND (1987) verificaram que plântulas micropropagadas apresentaram tamanho inferior e sistema radicular menos desenvolvido que plantas propagadas por sementes. Em estudos semelhantes, em condições de casa de vegetação, Mackeand e Wisniewski (1982) citados por FRAMPTON JR. e MACKEAND (1987), verificaram que após 6 meses as plântulas de *Pinus taeda* micropropagadas apre-

sentavam quase 10 vezes menos raízes laterais que mudas por sementes. Em outro estudo MORA (1986) observou a associação entre o clone de *Eucalyptus* spp que apresentou maior crescimento e a presença de raízes terciárias e quaternárias que, provavelmente foram as responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes. Verificou-se também a ausência de raiz pivotante em mudas por estacas.

Por outro lado Rouland (1978) citado por RAUTER (1982), verificou que as estacas de *Sitka spruce* cresceram mais em altura e mostraram menor variação em forma. Segundo o mesmo autor, a forma inicial das estacas era ruím no início mas aos 4 anos era comparável à de plantas obtidas por sementes.

Segundo RAUTER (1982), o crescimento mais lento na propagação vegetativa poderia ser atribuído à planta mãe ser fisiologicamente adulta e afirma que se as estacas forem obtidas de material jovem ou rejuvenescido, o resultado também poderia ser diferente.

Hood e Libby (1978), citado por RAUTER (1982), verificaram que as estacas mais jovens de *Pinus radiata* apresentaram taxa de crescimento em altura maior no início, porém mais tarde a taxa de crescimento das estacas mais adultas foi maior.

Há indicações de que árvores propagadas vegetativamente de indivíduos mais velhos crescem mais lentamente do que aquelas tomadas ao acaso de indivíduos mais jovens (Talbert *et alii* 1982, citado por ZOBEL e TALBERT 1984), além de apresentar, segundo ZOBEL e TALBERT (1984), forma anormal dependendo do local em que o propágulo foi retirado da planta mãe. Estes autores citam ainda que o material adulto frequentemente

apresenta menor taxa de enraizamento e desenvolve menos raízes do que o material fisiologicamente juvenil.

MORA (1986) detectou algumas anormalidades de crescimento em altura e diâmetro dentro de clones de *Eucalyptus* spp, porém com baixíssima incidência, semelhante aos detectados por CHAPERON e QUILLET (1977), que detectaram 0,2 a 1,0% de estacas de *Eucalyptus* com desenvolvimento ruim, resultado do crescimento anormal das raízes.

2.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos

Muitas características de interesse no melhoramento florestal são quantitativas, herdadas pela ação de muitos genes de efeito aditivo, cada um contribuindo para herança dos caracteres (DITLEVISEN, 1980), de uma forma bastante complexa (FLANKLIN, 1977). Deve-se lembrar também da importância dos genes não aditivos no melhoramento florestal.

A estimativa de parâmetros genéticos possibilita a obtenção de informações sobre a natureza de ação gênica envolvida na herança dos caracteres e fornece base para avaliação dos planos de melhoramento da população, além dos conhecimentos que permitem o desenvolvimento de novos enfoques no melhoramento de plantas (ROBINSON e COCKERHAM, 1965). Ainda, as estimativas dos parâmetros genéticos se prestam para orientação do esquema mais adequado de seleção e para avaliação do progresso esperado na seleção (VENCOVSKY, 1969, FONSECA, 1979).

Estimativas de parâmetros genéticos são necessárias para uma suficiente seleção de árvores, particularmente em gerações avançadas

(Dean *et alii*, 1983, citado por MORAES, 1986) e possibilita conhecer a estrutura genética da população (KAGEYAMA *et alii*, 1977). Entretanto, os parâmetros genéticos só se aplicam a uma população, na idade observada e nas condições ambientais reinantes para as mesmas (PIRES, 1984), uma vez que em espécies florestais, diversos genes agem diferentemente nos vários estágios de desenvolvimento da planta.

Os parâmetros genéticos de maior importância para o melhoramento florestal são os componentes de variação genética, coeficiente de herdabilidade para estimar os ganhos genéticos e as correlações genotípicas e fenotípicas entre as características.

Existem muitos processos para estimar os componentes de variação, mas a base é o experimento em blocos ao acaso ou os látices que, após o ajuste do quadrado médio de tratamentos, se assemelham aos blocos no que concerne à avaliação dos componentes (VENCOVSKY, 1978).

A técnica empregada para decompor a variação total e estimar a magnitude da variância de cada componente é a análise de variância. Segundo FONSECA (1979), esta técnica tem, nos ensaios de melhoramento florestal, dupla finalidade: a) testar diferenças entre tratamentos e b) estimar os componentes da variância. Este mesmo autor cita que para o geneticista florestal, a segunda finalidade da análise de variância é a mais importante.

A variância genética pode ser decomposta em variância genética aditiva e não aditiva (dominante e epistácia). Em se tratando de propagação de plantas alógamas por via sexuada, o componente de variância mais importante para o melhoramento é a contribuição devido aos

efeitos aditivos dos genes [PATERNIANI (1966); FONSECA (1979); FALCONER (1981); VENCovsky (1978)]. ELDRIDGE (1977) afirma que o melhoramento efetivo pela seleção de uma população depende da presença suficiente de variância genética aditiva.

Portanto é na existência de variação que reside o sucesso de um trabalho de seleção. Entretanto, dos componentes de variação total, somente aqueles de natureza genética são aproveitáveis na seleção. Consequentemente, todo sucesso do esquema seletivo vai depender da quantidade da variância genética disponível em relação à variância não genética (VENCovsky, 1978).

Porém, quanto maior o efeito genético não aditivo para uma certa característica, maior será o potencial para o ganho genético através de propagação vegetativa. Segundo MACKEAND & WEIR (1984), o efeito genético não aditivo em *Pinus taeda* é frequentemente igual ou maior do que o efeito aditivo para a característica de produção de madeira e resistência à *Cronartium quercuum*. Isto significa que o potencial de ganho em melhoramento para produção de madeira pode ser duplicado com a propagação vegetativa. Para algumas características como a produção de celulose, o efeito genético não aditivo pode predominar (Jett *et alii*, 1977, citado por MACKEAND & WEIR, 1984).

Para algumas características, os ganhos através de regeneração por sementes poderão ser grandes, mas para outras que contêm quantidades significativas de variância não aditiva, tais como certas características de crescimento, os ganhos serão pequenos em relação a possibilidade de ganhos na propagação vegetativa (Fielding, 1970, citado por ZOBEL

e TALBERT, 1984).

SAKAI e MUKAIDE (1966), acrescentam a variância competitiva na fórmula da variância fenotípica. Segundo estes autores, os efeitos da competição ambiental podem aumentar substancialmente a variância total em povoamentos de mistura de genótipos em relação aos povoamentos puros, exercendo influência nas estimativas de herdabilidade. A competição ocorre entre árvores de genótipos diferentes, mas não dentro de um mesmo genótipo.

Segundo ROBINSON e COCKERHAM (1965), os parâmetros genéticos estimados devem ser independentes dos efeitos ambientais, mas esta condição se satisfaz se não houver interação com o ambiente. Para eliminar esta dificuldade, devem-se testar os genótipos em uma série de ambientes, de maneira que se possa separar a variância devida à interação do genótipo e ambiente das variâncias genéticas.

A interação é composta de duas partes conforme VENCovsky (1978), sendo uma devida a diferença na variabilidade genética do material dentro do ambiente e a outra devida a falha de correlação^{ta?} entre o material de um ambiente para outro, ou seja, o material superior em um ambiente pode não o ser no outro. Deve-se agrupar os ambientes em zonas de plantio de tal forma que haja uma mínima interação.

Se o ensaio for instalado em um só local, a variância genética estimada é na realidade inflacionada, pois além de conter o valor da variância genética propriamente dita, contém os valores devido a interações com locais e anos. No caso de plantas florestais que são perenes, segundo FONSECA (1979), o efeito devido aos anos de plantio parece

não ser tão importante. Porém, maiores cuidados devem ser dispensados aos efeitos dos locais, desde que os plantios florestais, de um modo geral, abranjam grandes áreas.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), quando os testes são estabelecidos num só local pode conduzir a uma superestimação dos ganhos na seleção, sobretudo quando o material vai ser implantado num local não testado.

Deve-se agrupar os ambientes em zonas de plantio de tal forma que haja uma mínima interação entre os sítios e que os genótipos bem adaptados sejam selecionados visando a estabilidade fenotípica e o crescimento vegetativo (BERTOLOTTI, 1986).

O coeficiente de herdabilidade expressa a quantidade de variação genética em relação à variação fenotípica total. Assim, quando o material é propagado pelos meios sexuais, a herdabilidade deve ser calculada com base na variância genética aditiva (TODA, 1963), que se refere a genes efetivamente transmitidas aos descendentes por seleção e cruzamento (FONSECA, 1979). Por outro lado, quando o material é propagado vegetativamente, a herdabilidade deve ser baseada na variância genética total (TODA, 1963).

Portanto, o coeficiente de herdabilidade pode ser no sentido restrito, quando considera somente a variância aditiva em plantas de cruzamento e, no sentido amplo, quando expressa a proporção de variância genética total em relação à variância fenotípica total.

Quanto à estimativa de herdabilidade TODA (1972) afirma

que não se deve dar muita importância na precisão numérica mas distinguir as características de alta herdabilidade e aquelas de baixa herdabilidade, pois segundo DITLEVISEN (1980), a herdabilidade não é uma magnitude fixa e depende tanto da população como do meio ambiente.

O coeficiente de herdabilidade é um dos parâmetros mais importantes dentro do programa de melhoramento genético. A herdabilidade por si não é um parâmetro instrutivo mas em conexão com o diferencial de seleção, permite estimar o ganho genético a alcançar em uma geração (HATTEMER, 1963). Segundo SQUILLACE *et alii* (1967) o conhecimento da herdabilidade permite a predição dos ganhos genéticos e auxilia na escolha de métodos apropriados de melhoramento.

Segundo FALCONER (1981), uma característica com alta herdabilidade pode ser melhorada através de seleção massal, enquanto que para característica de baixa herdabilidade a seleção por famílias seria muito mais eficiente.

Características de alta herdabilidade sofrem menos a influência da interação genótipo x ambiente, quando comparadas às características de baixa herdabilidade dentro de uma mesma população (MORAES, 1987). Por outro lado, MORI (1987) comenta que características com diferentes herdabilidades possuem comportamento diferenciado em relação à competição e cita que os valores de herdabilidade encontrados por PATIÑO-VALERA (1986) foram decrescentes para altura, DAP e volume cilíndrico, inversamente proporcional aos efeitos competitivos. O mesmo autor comenta que quanto maior a herdabilidade das características, menor foi o efeito competitivo no referido estudo.

O ganho genético ou o progresso na seleção para determinada característica é o parâmetro que exprime o avanço da geração seguinte em relação à população original, decorrente da seleção efetuada. Conforme ELDRIDGE (1977) a boa estimativa da quantidade de variação genética e outros parâmetros genéticos são necessários para predizer o ganho de estratégias alternativas para melhoramento genético e para escolha da melhor estratégia.

Por outro lado, o estudo de correlação entre caracteres é evidentemente importante no melhoramento onde a preocupação é em aprimorar o material não para características isoladas, mas para um conjunto de caracteres simultaneamente (VENCOVSKY, 1978). O grau de correlação, tanto genotípica como fenotípica, é de grande importância quando se pratica a seleção num dado caráter pois pode causar mudanças simultâneas em outro caráter.

Quando se atribui maior peso na seleção às características correlacionadas, a seleção de uma resultará em avanços significativos, também, na outra característica (KAGEYAMA, 1980).

Segundo FALCONER (1981) as características correlacionadas são de interesse por três razões: primeiro, o melhoramento de uma característica pode causar mudanças simultâneas em outra; segundo, o conhecimento de ação pleiotrópica dos genes e terceiro, conhecer a relação entre uma característica métrica e o poder adaptativo.

Segundo BURDON (1977) existem dois tipos de correlações genéticas: a do tipo A, quando ambas as características são avaliadas sobre a mesma planta e a do tipo B, quando duas características são avaliadas sobre indivíduos diferentes dentro de grupos genéticos.

O conhecimento do grau de associação entre características, do ponto de vista genético, constitui-se numa excelente ferramenta para o planejamento das estratégias a serem utilizadas num programa de melhoramento.

MORAES (1987) encontrou correlação genética positiva e alta entre as características de crescimento sendo que a correlação altura x volume cilíndrico apresentou maior valor para *Eucalyptus grandis*. Altas correlações genéticas entre características foram encontradas também por KAGEYAMA (1980) em *Eucalyptus grandis* e PATIÑO-VALERA (1986) em *Eucalyptus saligna*.

Conforme cita MUNISWANI (1977), os testes de progênies clonais possibilitam a avaliação da constituição genética de árvores selecionadas. Os problemas encontrados na instalação do teste de progênies, conforme PATIÑO-VALERA (1986) são as definições do número de famílias a serem testadas, do número de indivíduos a considerar dentro de cada parcela, do número de repetições e ainda da forma da parcela que permita avaliação adequada de cada uma das famílias.

Com relação à amostragem de populações, o ideal é assegurar igual representatividade de todas as classes de árvores e conforme Kemp (1976), citado por FONSECA (1982) a seleção deliberada de árvores com características fenotípicas desejáveis não é recomendável pela aparente redução na variabilidade da população. VENCOVSKY (1978) enfatiza que o uso de população de pequeno tamanho pode conduzir a seleção na direção oposta àquela pretendida pelo melhorista, devido ao fenômeno de oscilação genética, com riscos maiores ainda se o alelo desejado ocorre com baixa

frequência.

Ensaios específicos para determinação de parâmetros genéticos em espécies florestais são pouco comuns. O que se verifica é um aproveitamento dos ensaios de progênies, que prioritariamente têm objetivos de testar árvores mães selecionadas na população. Segundo BURLEY *et alii* (1964) os parâmetros estimados através de testes de progênies de árvores selecionadas não se referem diretamente à população e a variância genética entre progênies fica subestimada. Segundo TODA (1972), para que as estimativas dos parâmetros genéticos possam ser generalizadas à população é essencial que os indivíduos sejam tomados ao acaso e afirma que a seleção de indivíduos na população reduzirá os valores de variância total e de variância entre famílias na mesma taxa, mantendo mais ou menos constante a estimativa de herdabilidade.

Alguns estudos nesse sentido vêm sendo feitos, tal como o trabalho de SHELBOURNE e STONECYPHER (1971) que tomaram 280 árvores ao acaso de uma população, especificamente para determinação de parâmetros genéticos. PINTO JR. (1984) cita que os estudos de variação genética utilizando progênies de polinização livre, obtidas de árvores selecionadas em populações naturais (não domesticadas) são raros, enquanto que de árvores selecionadas fenotipicamente em populações melhoradas (em fase de domesticação) são mais frequentes.

2.2.1. Teste de progênies de polinização aberta

Os testes de progênies instalados tanto a partir de sementes de polinização livre como de cruzamentos controlados, segundo KAGEYAMA

(1980a) tem sido importantes na determinação do valor reprodutivo dos indivíduos selecionados, na estimativa de parâmetros genéticos, para seleção de novos indivíduos superiores e como fonte de produção de sementes através de sua transformação em pomar de sementes por mudas. São ainda, utilizados para determinar a variância genética aditiva e segundo ELDRIDGE (1977) são os únicos meios disponíveis de avaliar a capacidade geral de combinação de árvores superiores.

Conforme QUIJADA (1980c), a finalidade dos ensaios de progênes é o de estimar o valor genético de um indivíduo com base no comportamento da sua descendência ou o valor genético de indivíduos meios irmãos ou irmãos germanos. Este mesmo autor afirma que nos programas baseados na seleção fenotípica, onde a influência do ambiente é desconhecida e conseqüentemente a seleção não é muito confiável, os ensaios de progênes são indispensáveis.

Portanto, os testes de progênes utilizados em programa de melhoramento permitem, segundo QUIJADA (1980c): a) a avaliação do valor de cruzamento (capacidade de combinação das árvores), b) avaliação dos parâmetros genético-estatísticos como variância, correlação, herdabilidade, etc., c) avaliação de sub populações para usos específicos e d) avaliação de árvores individuais com fins de seleção contínua. Ainda, os testes implantados em uma série de ambientes permitem avaliar a interação genótipo x ambiente.

Os principais componentes da variação fenotípica de caráter quantitativo num ensaio, segundo VENCovsky (1978) são devido a: diferenças ambientais entre e dentro das parcelas e diferenças genéticas entre os tratamentos e entre plantas dentro de parcelas.

Os testes de progênies de polinização aberta fornecem informações genéticas importantes para definição da estratégia de melhoramento através da seleção recorrente (KAGEYAMA, 1980b) e constitui-se num método mais utilizado em espécies florestais.

A determinação da variância genética total entre e dentro de progênies possibilita também conhecer o sistema reprodutivo de uma população. Segundo FONSECA (1982) a relação entre as variâncias genéticas dentro e entre progênies pode ser indicativa do sistema de cruzamento das espécies citando um decréscimo na variância genética dentro e um acréscimo na variância genética entre, em plantas de autofecundação em relação às espécies que apresentam fecundação cruzada.

Segundo ZOBEL e TALBERT (1984), os testes de progênies permitem separar as árvores cujas superioridades fenotípicas foram produzidas pelas boas condições do ambiente daquelas que apresentam uma superioridade genotípica.

Para espécies florestais, o ensaio de progênies mais utilizado é o de polinização aberta, visando a determinação do valor reprodutivo das árvores selecionadas e estimativas dos parâmetros genéticos (KAGEYAMA, 1980).

2.2.2. Teste de progênie clonal

Há dois tipos de informações genéticas que podem ser obtidas de estudos de clones, segundo BURDON e SHELBOURNE (1973).

- a) estimativa de parâmetros genéticos. Neste caso, a variância genotípica total (que contém componentes aditivo

e não aditivo), variância ambiental e variância de interação genótipo x ambiente podem ser estimadas de experimentos clonais. Destas variâncias a herdabilidade no sentido amplo pode ser estimada. A covariância entre diferentes caracteres pode fornecer estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas.

- b) Estimativa do valor genotípico dos indivíduos. O valor genotípico total de um indivíduo só tem importância quando a propagação comercial for por via vegetativa, mas pode ou não estar estreitamente relacionado ao valor de reprodução, que tem grande importância na propagação por semente.

Esses autores citam que os clones podem prover estimativas de variância e covariância genotípica e fenotípica em populações e do valor genético das árvores matrizes. Quando plantados em diversos locais, eles podem fornecer informações sobre a interação genótipo-ambiente. Mas estas informações, a não ser que sejam aplicadas a situações onde a propagação vegetativa é utilizada em larga escala, pode ser tendenciosa por fatores como topofise e efeitos de genes não aditivos.

A estaquia é muito mais adequada que a enxertia para obter informações genéticas, pois neste último existe o efeito do porta-enxerto e da interação enxerto x porta-enxerto, o que demandaria modelos mais elaborados para análise. Em teoria, a ausência de variação genética entre ortet (árvore original) e ramets (propágulos vegetativos) de um clone,

em contraste a considerável variação genética entre seedlings de uma progênie (família), aumenta a precisão e eficiência na obtenção de informação genética, (BURDON e SHELBOURNE, 1973).

O clone, que naturalmente não apresenta variância genética, é essencialmente útil porque mostra a variância ambiental como sua variância fenotípica dentro de clones (TODA, 1963). Com a obtenção da estimativa da variância ambiental torna-se mais fácil estimar a variância genética subtraindo-se a variância fenotípica da população.

Entretanto a variação dentro do clone pode ter três componentes conforme ROULAND (1973):

- a. variação devida ao ambiente;
- b. variação não genética, devida a diferença anatômica e fisiológica, isto é, tamanho da estaca, posição da estaca no ramo, desenvolvimento da raiz, conteúdo nutricional, idade fisiológica, etc.;
- c. variação devida a diferenças genéticas atuais por causa das diferentes funções no "ortet", chamado de efeito topofise.

BURDON (1982) cita que a topofise e a maturação podem criar sérias variações interclonais. Segundo o mesmo autor, o efeito da maturação progressiva em particular, poderia afetar a performance do clone de forma que seja diferente entre a fase juvenil e a fase adulta.

A propagação vegetativa permite distinguir árvores boas ou ruins, principalmente devido ao efeito ambiental daquelas que são

inerentemente retas ou tortuosas. Segundo LONGMAN (1976), é possível ter mais certeza da seleção, quando esta for baseada em linhas ou parcelas de árvores, todas do mesmo genótipo.

Os testes clonais, conforme HOWLAND *et alii* (1978) deverão tornar possível estudar uma gama de variação dentro da espécie, identificar características desejáveis e padrões de crescimento, prever forma e produtividade na fase adulta, além de permitir a seleção de clones para uso em plantações comerciais. Ainda, os experimentos clonais podem ter maior vantagem quando a competição entre árvores influencia o caráter em questão (BURDON e SHELBOURNE, 1973).

Em Norway spruce (*Picea abies*), ROULAND (1973) verificou que a variação entre clones, em altura, diâmetro e hábito de ramificação é devida a influência do ambiente, especialmente a competição entre árvores e a idade.

A avaliação dos clones parece ser pouco utilizada como ferramenta de medida dos valores reprodutivos das árvores matrizes, embora pareça ser vantajosa para características de alta herdabilidade como densidade básica em *Pinus taeda* (Anon, 1980, citado por BURDON, 1982). Em *Pinus radiata*, Carlson, citado por BURDON (1982), observou baixa correlação entre clones e progênies propagadas por sementes.

2.3. Estimativas de Herdabilidade no Sentido Restrito e no Sentido Amplo

A estimativa de herdabilidade no sentido amplo tem sido estudada para várias características e espécies. HARAHAP e SOERIANEGARA

(1977) utilizaram o método de NOH (1972) em pomar clonal de *Tectona grandis*, de 23 anos de idade, e encontraram os valores de estimativas de herdabilidade no sentido amplo para as seguintes características: altura total ($h^2 = 0,92$), comprimento do fuste ($h^2 = 0,74$), DAP ($h^2 = 0,71$), diâmetro à altura do enxerto ($h^2 = 0,69$) e diâmetro a 10cm acima do enxerto ($h^2 = 0,69$).

Os valores da herdabilidade para altura total e comprimento do fuste foram maiores que para diâmetros. Os resultados são contrários aos obtidos por Dijamhuri (1975), citado por HARAHA e SOERIANEGARA (1977) para teca, utilizando o método proposto por SAKAI e HATAKAYAMA (1963) onde a herdabilidade no sentido amplo para altura total, comprimento do fuste, diâmetro e forma do tronco foram 0,67, 0,69, 0,87 e 0,94 respectivamente.

Para *Pinus merkusii*, SUHAENDI *et alii* (1976) citado por estes mesmos autores, encontraram a herdabilidade no sentido amplo para altura total, diâmetro e retidão do tronco de 0,40, 0,80 e 0,86, respectivamente.

A herdabilidade no sentido amplo das características ângulos dos ramos, número de ramos por verticilo e comprimento do internódio foi estudado por NOH (1972) em enxertos de *Pinus densiflora*, plantados no espaçamento de 4 x 4m, em banco clonal em 1961. As herdabilidades para ângulos dos ramos e comprimento do internódio foram 0,753 e 0,774, respectivamente, mas para o número de ramos por verticilo foi relativamente baixa (0,465) comparada com outras duas características. Por essa razão, o autor espera maior ganho genético na seleção para ângulo dos

ramos e comprimento do internódio. Poucos autores estudaram a herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito ao mesmo tempo. Entre eles, TODA (1972) estimou as herdabilidades em plantios de *Cryptomeria japonica* originados de sementes e de clones propagados por estaquia. Os valores obtidos foram, respectivamente para sementes e clones, 0,89 e 0,77 para a característica altura da planta, 0,84 e 0,74 para circunferência do tronco, 0,74 e 0,44 para comprimento do fuste, 0,82 e 0,57 para diâmetro da copa e 0,86 e 0,57 para espessura da casca.

Para as características de florescimento, CHAVES *et alii* (1983) observaram forte controle genético, como demonstram os dados iniciais de coeficientes de herdabilidade no sentido amplo: 0,63 e 0,53 para florescimento feminino, 0,52 e 0,46 para florescimento masculino e 0,28 e 0,43 para número de estróbilos masculinos por inflorescência, em *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa*, respectivamente. Estes mesmos autores citam que VARNELL *et alii* (1967), estudando *Pinus elliottii* var. *elliottii* com a idade variando de 14 e 17 anos, provenientes de estacas enraizadas, verificaram que as herdabilidades no sentido amplo para florescimento fariam de 0,49 a 0,50.

Fielding e Brown (1960) citados por TODA (1963), estudaram a densidade específica da madeira em plantações de *Pinus radiata* de 13, 19 e 20 anos de idade, provenientes de estacas e encontraram herdabilidades estimadas de 0,7, 0,7 e 0,5, respectivamente.

A estimativa de herdabilidade no sentido restrito tem sido estudada por muitos autores. KEDHARNATH e VAKASHASYA (1977), em teste de progênies de *Eucalyptus tereticornis*, mostraram que as estimativas de

herdabilidade no sentido restrito foram 0,25 para altura e 0,17 para diâmetro, aos 4 anos de idade.

Os principais resultados de coeficientes de herdabilidades no sentido restrito, obtidos no Brasil a partir de ensaios de progênes de polinização aberta para diversas características e espécies são (Tabela 1):

Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito obtidos em *Eucalyptus saligna* por PATIÑO-VALERA (1986), aos 32 meses de idade foram maiores para forma do tronco (0,45), vindo a seguir altura (0,28), diâmetro (0,18), área basal (0,13) e volume cilíndrico (0,13). Este mesmo autor encontrou uma tendência de diminuição dos valores de herdabilidade entre 15 e 24 meses e permanecendo estável até 32 meses de idade.

Para a característica densidade da madeira, os resultados mostram, no geral, uma alta herdabilidade.

Em *Eucalyptus grandis*, KAGEYAMA *et alii* (1982) encontraram coeficientes de herdabilidade no sentido restrito para densidade da madeira, ao nível de plantas individuais, valores bastante altos nos três locais de ensaio, variando de 0,70 a 1,00 o que indica a existência de forte controle genético para esta característica. As herdabilidades ao nível de médias de famílias foram bastante altas, com valores variando de 0,67 a 0,79.

Vários autores apresentaram resultados referentes a herdabilidades para densidade da madeira, segundo BRITO e BARRICHELO e FERREIRA (1978), (Tabela 2):

Tabela 1. Coeficientes de herdabilidades no sentido restrito ao nível de planta individual para diversas características e espécies

Espécie	Local	Idade	Herdabilidade			Fonte
			H	DAP	Vol. Cil.	
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	T. Borba-PR	4	0,127	0,311	-	KAGEYAMA (1976)
<i>Pinus patula</i>	T. Borba-PR	4	0,249	0,318	-	KAGEYAMA et alii (1977)
<i>Eucalyptus grandis</i>	5 locais	2	0,100	0,49	-	KAGEYAMA (1980a)
<i>Eucalyptus grandis</i>	5 locais	2	0,252	0,155	-	KAGEYAMA e VENCOSKY (1983)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Minas Novas-MG	4	0,88	0,75	0,64	ASSIS et alii (1982a)
<i>Eucalyptus paniculata</i>	Ponte Queimada-MG	3	0,15	0,20	0,18	ASSIS et alii (1982b)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Conc. da Barra-MG	4	0,50	0,74	0,80	ASSIS et alii (1982a)
<i>Eucalyptus cloesiana</i>	Itamarandiba-MG	3	0,48	0,23*	0,16	ASSIS et alii (1982c)
<i>Eucalyptus saligna</i> (3x1)	Avaré-SP	2,7	0,20	0,11	0,10	PATINHO-VALERA (1986)
<i>Eucalyptus saligna</i> (3x2)	Avaré-SP	2,7	0,30	0,19	0,14	PATINHO-VALERA (1986)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Anhembi-SP	7	0,09	0,05	0,02	MORAES (1987)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Brotas-SP	7	0,26	0,11	0,12	MORAES (1987)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Lençóis-SP	7	0,50	0,23	0,16	MORAES (1987)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Anhembi-SP	3	0,11	0,04	-	PINTO JR. (1984)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Aracruz-ES	3	0,38	0,29	-	PINTO JR. (1984)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Bom Despacho-MG	3	0,49	0,22	-	PINTO JR. (1984)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	Planaltina-DF	3	0,47	0,42	-	PINTO JR. (1984)

Tabela 2. Coeficiente de herdabilidade para densidade da madeira, segundo BRITO & BARRICHELO e FERREIRA (1978)

Espécie	Idade	Método	h^2 s.a*	h^2 s.r**
<i>Pinus radiata</i>	6 meses	Pol.livre	-	0,20
	8 meses	Clonal	0,45-0,75	-
	8 meses	Clonal	0,54-0,75	-
	10 meses	Clonal	0,50-0,75	-
	13 meses	Clonal	0,70	-
	19 meses	Clonal	0,70	-
	20 meses	Clonal	0,50	-
<i>Pinus taeda</i>	1 mês	Clonal	0,17	-
	5 meses	Clonal	0,64	-
	2 meses	Pol.contr.	-	0,20
	2 meses	Pol.contr.	-	0,37-0,49
	2 meses	Pol.livre	-	0,55
	5 meses	Pol.livre	-	0,76-0,87
	6 meses	Pol.livre	-	0,64-1,00
<i>Pinus elliottii</i>	5 meses	Clonal	0,46-0,73	-
	14 meses	Clonal	0,73	-
	14 meses	Pol.contr.	-	0,56
	14 meses	Pol.livre	-	0,21
<i>Picea abies</i>	18 meses	Clonal	0,86	-

* Herdabilidade no sentido amplo

** Herdabilidade no sentido restrito.

HATTEMER (1963) apresenta uma lista de estimativas de herdabilidades estudadas por vários autores, em diversas espécies florestais. Em resumo, as herdabilidades citadas para algumas características foram (Tabela 3):

Os valores de herdabilidade permitem estimar o ganho genético com a seleção e avaliar a estratégia de melhoramento mais adequado. SHELBOURNE (1969) fez uma comparação de ganho genético para forma do tronco e diâmetro, para diferentes métodos de melhoramento baseado nos dados de variância de ensaios de progênes de *Pinus radiata* de 14 anos de idade, de polinização aberta. Foram estimados maiores ganhos em retidão do tronco em pomar clonal da 2ª geração (herdabilidade = 0,87 para forma e 0,27 para diâmetro), mas a propagação massal por estaquia dos melhores clones mostrou maiores ganhos em diâmetro ($h^2 = 0,45$) e quase tão altos em forma ($h^2 = 0,76$) em quase um terço do tempo.

O método de pomar de sementes de 2ª geração (seleção de novas árvores superiores em testes de progênes de irmãos germanos, de capacidade de combinações mais altas) pôde ser instalada 28 anos após seleção fenotípica, enquanto que a propagação vegetativa de melhores clones pôde ser instalada após 11 anos.

Os diferentes valores de herdabilidade encontrados para a mesma espécie por diversos autores são em função, principalmente, dos diferentes métodos utilizados na sua determinação, dos diferentes materiais genéticos, dos locais, da idade de avaliação, entre outros fatores.

Tabela 3. Coeficientes de herdabilidades para diversas espécies e características (HATTEMER, 1963)

Característica	Espécie	Idade	$h^2_{s.a}$	$h^2_{s.r}$	Fonte (Segundo HATTEMER (1963))
Altura	<i>Betula verrucosa</i>	2	0,85	0,82	STERN, 1962
"	<i>Cryptomeria japonica</i>	42	0,68	-	TODA, 1958
"	<i>Pinus sylvestris</i>	16	-	0,24	TODA, 1958
"	<i>Cryptomeria japonica</i>	20	-	0,27	TODA et alii 1959
"	<i>Pinus sylvestris</i>	2	0,82	-	WRIGHT, 1963
"	<i>Pinus monticola</i>	4	-	0,08-0,21	SQUILLACE et alii (1960)
Circunf.tronco	<i>Cryptomeria japonica</i>	42	0,58	-	TODA, 1958
Diâmetro da copa	<i>Cryptomeria japonica</i>	20	0,61	-	TODA et alii, 1959
Espessura casca	<i>Cryptomeria japonica</i>	20	0,68	-	TODA et alii, 1959
Resist.ã doença	<i>Pinus monticola</i>	5	0,87	0,69	BINGHAM et alii, 1960
" "	<i>Betula verrucosa</i>	1	0,59	0,52	STERN, 1962
" "	<i>Betula sp.</i>	2	-	0,83-0,66	STERN, 1962
Densidade	<i>Pinus elliottii</i>	5	0,46-0,63	-	ZOBEL et alii, 1962
Comprim.traqueideo	<i>Pinus elliottii</i>	5	0,56	-	ZOBEL et alii, 1962
Altura	<i>Pinus ponderosa</i>	15	0,39	-	CALLAHAM et alii, 1961
"	<i>Betula verrucosa</i>	2-5	0,25-0,62	-	STERN, 1962
"	<i>Betula verrucosa</i>	2-5	-	0,66-0,86	STERN, 1962
"	<i>Betula verrucosa</i>	2-4	0,81-0,76	0,62-0,75	STERN, 1962
"	<i>Betula verrucosa</i>	1-4	0,60-0,78	0,47-0,70	STERN, 1962
Densidade	<i>Pinus elliottii</i>	14	-	0,56-0,21	SQUILLACE, 1962
"	<i>Pinus elliottii</i>	12-14	0,73	-	SQUILLACE, 1962
"	<i>Pinus taeda</i>	1-5	0,17-0,65	-	VAN BUIJTEREN, 1962
"	<i>Pinus taeda</i>	6	0,64	-	VAN BUIJTEREN, 1962

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Material genético

As árvores matrizes para instalação dos testes de progê-nies foram obtidas a partir de população de *Eucalyptus grandis* implanta-da em 1976 na região de Telêmaco Borba, Estado do Paraná. A procedência das sementes desta população é de Mogi-Guaçu, SP, onde foi introduzido inicialmente da Austrália:

Origem: Coffs Harbour, NSW, Austrália - latitude $30^{\circ}00'S$
longitude $125^{\circ}55'E$, altitude 90m

Procedência: Mogi-Guaçu, SP = latitude $22^{\circ}11'S$, longitude de $47^{\circ}7'W$ e 600m de altitude.

As 45 árvores matrizes superiores foram selecionadas fenotipicamente aos 7 anos de idade, levando em consideração principalmente as características de crescimento em altura e diâmetro, forma de tronco, forma da copa e resistência à geadas. A intensidade de seleção foi aproximadamente de 1:2000.

Estas árvores foram cortadas para rejuvenescimento e, a partir da brotação de touça, efetuar a propagação vegetativa por estaquia, a fim de instalar os testes de progênes clonais. Ao mesmo tempo, as sementes destas matrizes foram coletadas para instalação do teste de polinização livre e considerou-se como verdadeira a relação de meios irmãos. Para comparação foram utilizadas 36 árvores tomadas ao acaso da mesma população base, denominadas de testemunhas, para instalação do teste, sendo que 20 árvores são comuns tanto nas progênes clonais, como nas de sementes.

3.1.2. Descrição do local de instalação do experimento

a) Localização

O ensaio foi instalado em maio de 1985, na Fazenda Monte Alegre, município de Telêmaco Borba, estado do Paraná, com as seguintes características geográficas: latitude $24^{\circ}14'S$, longitude $50^{\circ}35'W$ e altitude 850m.

b) Clima

A Fazenda Monte Alegre é caracterizada por um clima subtropical úmido, com a temperatura média anual de $18,8^{\circ}C$, com geadas pouco frequentes e precipitação média de 1.460mm, uniformemente distribuída ao longo do ano e sem deficiência hídrica.

Segundo o sistema internacional de Koeppen, o clima é do tipo Cfb, ou seja, do tipo mesotérmico e úmido, sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente não atinge $22^{\circ}C$.

c) Perfil geológico

A Fazenda Monte Alegre está dentro do Segundo Planalto Paranaense e é praticamente toda ocupada pela série Tubarão.

3.2. Métodos

3.2.1. Instalação dos ensaios

Devido a natureza do ensaio foram instalados, nas mesmas condições, os seguintes testes de progênes:

- a. teste de progênes de meios irmãos, de árvores selecionadas e de árvores tomadas ao acaso (testemunhas);
- b. teste de progênes clonais, das mesmas árvores selecionadas e de testemunhas.

Estes testes foram instalados um ao lado do outro, casualizados em cada bloco, de modo a permitir a análise e comparação dos dados entre os diferentes métodos de propagação (progênes de meios irmãos e progênes clonais) e os diferentes materiais genéticos (árvores selecionadas e ao acaso). Cada um destes testes foi instalado em esquema de lâdice. O preparo do solo consistiu em um combate às formigas em toda área do ensaio e posteriormente de 2 gradagens. O ensaio foi instalado em solo anteriormente ocupado com *Pinus* sp., com adubação.

A produção de mudas para o ensaio seguiu a sistemática normal de trabalho de viveiro, tendo-se o cuidado de manter todos os tratamentos perfeitamente identificados. O sistema de produção de mudas

foi uniformizado tanto para progênes por estaquia como por sementes.

A estaquia foi realizada em casa de vegetação conforme CAMPINHOS JR.(1982), utilizando-se do ácido indolyl-butírico, 6.000ppm diluído em talco neutro, 25mg/estaca, para estimular o enraizamento. As mudas enraizadas sofreram um processo de aclimação e rustificação. No caso de sementes, foi feita uma semeadura direta em tubetes de modo a evitar repicagens de mudas.

3.2.2. Delineamento experimental

O ensaio foi instalado obedecendo ao delineamento em lâti-ce triplo 9x9, segundo COCHRAN e COX (1983), com as seguintes caracte-rísticas: 3 repetições, 81 tratamentos (45 matrizes selecionadas e 36 ár-vores ao acaso), o espaçamento de 3,0 x 3,0m e parcelas lineares de 10 plantas. A área total do experimento foi de 56.610m², com bordadura ex-terna dupla.

3.2.3. Condução do experimento

Foi mantida uma vigilância sistemática para evitar o ata-que de pragas, principalmente de formigas cortadeiras. Sempre que neces-sário, foram efetuados tratos culturais para controle das ervas daninhas, na fase inicial de crescimento das mudas. Em função das falhas, foi efe-tuado um replantio, 20 dias após o plantio, visando homogeneizar o nūme-ro de plantas, já que o crescimento em diâmetro está correlacionado com o espaçamento.

3.2.4. Coleta de dados

Aos 6 e 9 meses após a instalação do ensaio foram avaliados altura total individual das árvores em metros e porcentagem de sobrevivência. Um ano após a instalação do ensaio, e a cada 6 meses seguintes, foram medidos por parcela: altura total em metros, DAP (diâmetro à altura do peito) em cm e a porcentagem de sobrevivência.

A coleta de dados para as características altura total e diâmetro do tronco foi ao nível de plantas individuais, enquanto que para sobrevivência foi ao nível de totais de parcelas. O volume cilíndrico foi obtido para cada uma das árvores individuais, através da utilização dos respectivos dados de altura e diâmetro. Para a análise estatística da porcentagem de sobrevivência foi utilizada a transformação dos dados em $\text{arc.sen } \sqrt{x}$.

3.2.5. Análise estatística e estimação de variâncias genéticas e fenotípicas

A análise de variância individual foi feita em látice, para cada característica, conforme COCHRAN e COX (1983). O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijkm} = u + t_i + b_{jk} + r_k + e_{ijk} + d_{ijkm}$$

onde:

Y_{ijkm} = observação feita no indivíduo m, do tratamento i, no bloco j e da repetição k

u = média geral

t_i = efeito do tratamento

b_{jk} = efeitos de bloco dentro de repetições

e_{ijk} = efeito do erro intrabloco

d_{ijklm} = efeito dentro de parcelas

As estimativas de variâncias genéticas e ambientais e de parâmetros afins para as diferentes características foram obtidas através dos esquemas de análises de variância individual em látice, pela decomposição do quadrado médio dos tratamentos ajustados em sua esperança matemática. A variância do erro foi obtida a partir do quadrado médio do erro, que corresponde ao erro efetivo.

3.2.5.1. Progênies de meios irmãos

A estrutura simplificada de análise de variância em látice utilizada em progênies de meios irmãos, ao nível de médias de parcelas, foi:

F.V.	G.L.	Q.M.	E(QM)
Tratamentos ajustados	(k^2-1)	Q_7	$\frac{\sigma^2 d}{\bar{n}} + \sigma^2 e + r\sigma^2 p$
- Matrizes selecionadas	$(m-1)$	Q_6	$\frac{\sigma^2 d_1}{\bar{n}_1} + \sigma^2 e_1 + r\sigma^2 p_1$
- Testemunhas	$(t-1)$	Q_5	$\frac{\sigma^2 d_2}{\bar{n}_2} + \sigma^2 e_2 + r\sigma^2 p_2$
Erro efetivo	$(k-1)(rk-k-1)$	Q_4	$\frac{\sigma^2 d}{\bar{n}} + \sigma^2 e$
Dentro de parcelas	$rk^2(n-1)$	Q_3	$\sigma^2 d$
- Matrizes selecionadas	$rm(n-1)$	Q_2	$\sigma^2 d_1$
- Testemunhas	$rt(n-1)$	Q_1	$\sigma^2 d_2$

onde:

k = nº de tratamentos por bloco

r = nº de repetições

m = nº de matrizes selecionadas

t = nº de testemunhas

$\bar{n}$, $\bar{n}_1$ e $\bar{n}_2$ = nº médio de plantas/parcela respectivamente para total de tratamentos, matrizes selecionadas e testemunhas.

$\sigma^2 d$, $\sigma^2 d_1$ e $\sigma^2 d_2$ = variância dentro da parcela, respectivamente para total de tratamentos, matrizes selecionadas e testemunhas

$\sigma^2 e$ = variância devida ao erro entre parcelas

$\sigma^2 p$ = variância devida a progênies

$\sigma^2 p_1$ = variância devida a progênies das matrizes selecionadas

$\sigma^2 p_2$ = variância devida a progênies das testemunhas

$\sigma^2 d = (3/4)\sigma^2 A + \sigma^2 D + \sigma^2 da$, sendo, $\sigma^2 A$ = variância aditiva;

$\sigma^2 D$ = variância dominante;

$\sigma^2 da$ = variância dentro ambiental.

A variância dentro de parcelas foi obtida independentemente da análise de variância, através da média ponderada dos quadrados médios dentro das parcelas, levando-se em conta as variações do número de plantas em cada parcela, conforme KAGEYAMA (1980a).

Desta forma, as estimativas de variância foram:

Estimativa de variância	Tratamentos	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Dentro de parcelas	$\hat{\sigma}^2 d = Q_3$	$\hat{\sigma}^2 d_1 = Q_2$	$\hat{\sigma}^2 d_2 = Q_1$
Erro	$\hat{\sigma}^2 e = Q_4 - \frac{\sigma^2 d}{\bar{n}}$	$\hat{\sigma}^2 e_1 = Q_4 - \frac{\sigma^2 d_1}{\bar{n}}$	$\hat{\sigma}^2 e_2 = Q_4 - \frac{\sigma^2 d_2}{\bar{n}}$
Progênies	$\hat{\sigma}^2 p = \frac{Q_7 - Q_4}{r}$	$\hat{\sigma}^2 p(1) = \frac{Q_6 - Q_4}{r}$	$\hat{\sigma}^2 p(2) = \frac{Q_5 - Q_4}{r}$
Aditiva	$\hat{\sigma}^2 A = 4 \hat{\sigma}^2 p$	$\hat{\sigma}^2 A_1 = 4 \hat{\sigma}^2 p(1)$	$\hat{\sigma}^2 A_2 = 4 \hat{\sigma}^2 p(2)$
Fenotípica	$\hat{\sigma}^2 F = \hat{\sigma}^2 p +$ $+ \hat{\sigma}^2 e + \hat{\sigma}^2 d$	$\hat{\sigma}^2 F_1 = \hat{\sigma}^2 p_1 +$ $+ \hat{\sigma}^2 e_1 + \hat{\sigma}^2 d_1$	$\hat{\sigma}^2 F = \hat{\sigma}^2 p_2 +$ $+ \hat{\sigma}^2 e_2 + \hat{\sigma}^2 d_2$

Os coeficientes de variação genética (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_e) e coeficiente de variação dentro de parcelas (CV_d) foram estimados pela expressão abaixo, em porcentagem em relação à média ($\bar{X}$):

$$CV_g\% = \frac{\sigma_p}{\bar{X}} 100$$

$$CV_e\% = \frac{\sigma_e}{\bar{X}} 100$$

$$CV_d\% = \frac{\sigma_d}{\bar{X}} 100$$

3.2.5.2. Progenies clonais

As esperanças do quadrado médio para o teste de progênie clonal, tanto para árvores selecionadas como para sem seleção foram:

F.V.	G.L.	QM	E.(QM)
Tratamentos ajustados	k^2-1	Q_7	$\frac{\sigma^2 da}{\bar{n}} + \sigma^2 e + r\sigma^2 cl$
- Matrizes	$m-1$	Q_6	$\frac{\sigma^2 da}{\bar{n}_1} + \sigma^2 e_1 + r\sigma^2 cl_1$
- Testemunhas	$t-1$	Q_5	$\frac{\sigma^2 da}{\bar{n}_2} + \sigma^2 e_2 + r\sigma^2 cl_2$
Erro efetivo	$(k-1)(rk-k-1)$	Q_4	$\frac{\sigma^2 da}{\bar{n}} + \sigma^2 e$
Dentro de parcelas	$rk^2(n-1)$	Q_3	$\sigma^2 da$
- Matrizes	$rm (n-1)$	Q_2	$\sigma^2 da_1$
- Testemunhas	$rt (n-1)$	Q_1	$\sigma^2 da_2$

onde:

$\sigma^2 cl$ = variância entre clones

$\sigma^2 cl_1$ = variância entre clones das matrizes selecionadas

$\sigma^2 cl_2$ = variância entre clones das testemunhas

$\sigma^2 da$, $\sigma^2 da_1$ e $\sigma^2 da_2$ = variância ambiental dentro da parcela clonal

Da mesma forma que em progênes de meios irmãos, a variância dentro ambiental foi obtida através da média ponderada dos quadrados médios dentro das parcelas, considerando-se o número de plantas por parcela. As estimativas de variância para progênes clonais foram obtidas como a seguir:

Estimativas de variância	Tratamentos	Matrizes	Testemunhas
Dentro de parcelas	$\sigma^2 da = Q_3$	$\sigma^2 da_1 = Q_2$	$\sigma^2 da_2 = Q_1$
Erro	$\sigma^2 e = Q_4 - \frac{\sigma^2 da}{\bar{n}}$	$\sigma^2 e = Q_4 - \frac{\sigma^2 da_1}{\bar{n}_1}$	$\sigma^2 e = Q_4 - \frac{\sigma^2 da_2}{\bar{n}_2}$
Clones	$\sigma^2 cl = \frac{Q_7 - Q_4}{r}$	$\sigma^2 cl_1 = \frac{Q_6 - Q_4}{r}$	$\sigma^2 cl_2 = \frac{Q_5 - Q_4}{r}$
Fenotípica	$\sigma^2 F = \sigma^2 cl + \sigma^2 e + \sigma^2 da$	$\sigma^2 F_1 = \sigma^2 cl_1 + \sigma^2 e_1 + \sigma^2 da_1$	$\sigma^2 F_2 = \sigma^2 cl_2 + \sigma^2 e_2 + \sigma^2 da_2$

O coeficiente de variação genética entre clones (CV_{cl}) e o coeficiente de variação dentro ambiental (CV_{da}) em porcentagem da média ($\bar{X}$), foram estimados pela expressão:

$$CV_{cl}\% = \frac{\sigma_{cl}}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$CV_{da}\% = \frac{\sigma_{da}}{\bar{X}} \cdot 100$$

Os coeficientes de variação experimental foram calculados a partir do quadrado médio do erro efetivo das análises em lâtilce.

O valor de F para progênes ajustadas, foi obtido através da soma dos quadrados para esta fonte de variação testando-se o mesmo contra o erro efetivo.

Para determinação das estimativas de variância optou-se pela análise em lâtilce, mesmo naqueles casos de baixa eficiência, conforme MORAES (1987).

3.2.6. Análise de variância conjunta para métodos de propagação, envolvendo as árvores selecionadas e testemunhas sem seleção

A análise de variância conjunta para os métodos de propagação foi efetuada a partir da média de tratamentos ajustados das análises individuais de lâtilce. O modelo matemático utilizado, considerando-se o efeito do método de propagação como fixo, foi:

$$\bar{Y}_{ijmn} = u + t_i + b_{jm} + a_m + (ta)_{im} + \bar{e}_{ijm} + \bar{d}_{ijmn}$$

onde:

$\bar{Y}_{ijmn}$ = observação feita no indivíduo n do tratamento i, no bloco j, no método de propagação m

u = média geral

t_i = efeito do tratamento

b_{jm} = efeito de bloco dentro do método de propagação

a_m = efeito do método de propagação

$(ta)_{im}$ = efeito da interação tratamento por método de propagação

$\bar{d}_{ijmn}$ = efeito dentro de parcelas

$\bar{e}_{ijm}$ = efeito do erro experimental

O erro utilizado na análise foi o erro médio entre os erros efetivos das análises individuais. Foi respeitada a diferença de no máximo 4 vezes entre os quadrados médios dos erros das análises individuais para a realização da análise conjunta, conforme PIMENTEL GOMES (1985).

3.2.7. Estimativa dos coeficientes de herdabilidade (h^2)

A partir das estimativas das variâncias genéticas e não genéticas foram estimados os coeficientes de herdabilidade:

- a) coeficientes de herdabilidade no sentido restrito (em progênies de meios irmãos):

- Ao nível de plantas individuais:

$$h^2 = \frac{4 \hat{\sigma}^2 p}{\hat{\sigma}^2 p + \hat{\sigma}^2 e + \hat{\sigma}^2 d} = \frac{\hat{\sigma}^2 A}{\hat{\sigma}^2 F}$$

- Entre médias de famílias de meios irmãos

$$h^2_m = \frac{\hat{\sigma}^2 p}{\hat{\sigma}^2 p + \frac{\hat{\sigma}^2 e}{r} + \frac{\hat{\sigma}^2 d}{\bar{n}r}} = \frac{\frac{1}{4} \hat{\sigma}^2 A}{\hat{\sigma}^2 F}$$

- Dentro de famílias de meios irmãos

$$h^2_d = \frac{3 \hat{\sigma}^2 p}{\hat{\sigma}^2 d} = \frac{\frac{3}{4} \hat{\sigma}^2 A}{\hat{\sigma}^2 d}$$

Obs.: no caso das variâncias $\sigma^2 A$, $\sigma^2 e$ e $\sigma^2 F$ das fórmulas anteriores, leia-se $\sigma^2 A_1$, $\sigma^2 e_1$ e $\sigma^2 F_1$ para matrizes selecionadas e $\sigma^2 A_2$, $\sigma^2 e_2$ e $\sigma^2 F_2$ para as testemunhas.

b) coeficientes de herdabilidade no sentido amplo (em progênies clonais)

- Ao nível de plantas individuais:

$$h^{2'} = \frac{\sigma^2 cl}{\sigma^2 cl + \sigma^2 e + \sigma^2 da}$$

- Entre médias de clones:

$$h^{2'}_m = \frac{\sigma^2 cl}{\sigma^2 cl + \frac{\sigma^2 e}{r} + \frac{\sigma^2 da}{nr}}$$

Obs.: no caso das variâncias σ^2cl , σ^2e e σ^2da das fórmulas anteriores, leia-se σ^2cl_1 , σ^2e_1 e σ^2da_1 para matrizes selecionadas e σ^2cl_2 , σ^2e_2 e σ^2da_2 para testemunhas.

3.2.8. Estimativas de progressos genéticos na seleção

Foram estimados os ganhos genéticos para os diferentes esquemas de seleção, tanto entre progênes clonais como entre e dentro de progênes de meios irmãos, conforme citados por VENCovsky (1978).

Progresso genético	Progênes de meios irmãos	Progênes clonais
Seleção massal (2 sexos)	$K_1 \frac{\sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 p + \sigma^2 e + \sigma^2 d}}$	$K_1 \frac{\sigma^2 cl}{\sqrt{\sigma^2 cl + \sigma^2 e + \sigma^2 da}}$
Seleção entre e dentro de famílias (2 sexos)	$\frac{K_1 \frac{1}{4} \sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 p + \frac{\sigma^2 e}{r} + \frac{\sigma^2 d}{\bar{n}r}}} + \frac{K_2 \frac{3}{4} \sigma^2 A}{\sqrt{\sigma^2 d}}$	_____
Seleção entre clones	_____	$K_1 \frac{\sigma^2 cl}{\sqrt{\sigma^2 cl + \frac{\sigma^2 e}{r} + \frac{\sigma^2 da}{\bar{n}r}}}$

onde:

K_1 e K_2 = intensidade de seleção entre (20%) e dentro (10%) de progênes, respectivamente.

$\sigma^2 A$ = variância aditiva

σ^2_p = variância entre progênies de meios irmãos

σ^2_{cl} = variância entre progênies clonais

σ^2_d = variância dentro de progênies de meios irmãos

σ^2_{da} = variância dentro de clones (ambiental)

n = número médio de plantas/parcela

r = número de repetições

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados das Análises de Variância Individuais

A sobrevivência média das progênes de meios irmãos, aos 30 meses de idade, foi maior que nas progênes clonais como mostra a Tabela 4.

A análise de variância em látice não mostrou significância para a sobrevivência entre as progênes de meios irmãos, enquanto que o teste F mostrou diferenças altamente significativas entre progênes clonais. Os coeficientes de variação experimental mostram valores maiores para as progênes clonais em relação às progênes de meios irmãos. A eficiência do látice foi de 113,02% no teste de progênes de meios irmãos e de 111,15% no teste clonal, o que justificou a utilização desse delineamento experimental. A menor sobrevivência das progênes clonais deveu-se principalmente ao baixo pegamento no plantio, ocasionado provavelmente pela diferença na qualidade fisiológica da muda produzida por estaquia e por semente. De acordo com os estudos feitos por FRAMPTON JR. e MACKEAND

Tabela 4. Sobrevivência das progênes aos 30 meses de idade.

		Nº de progênes	CVexp.(%)	E.látice(%)	F _(EEF)	% sobreviv.
progênes de meios irmãos	matrizes selecionadas	45	9,63	113,02	0,34 ^{ns}	96,5
	testemunhas	36	9,29	113,02	0,58 ^{ns}	97,7
progênes clonais	matrizes selecionadas	45	15,59	111,15	2,15**	85,7
	testemunhas	36	16,38	111,15	3,42**	79,8

CV.exp.(%) = coeficiente de variação experimental

E.látice(%) = eficiência do látice em porcentagem

F_(EEF) = valores de F em função do erro efetivo.

(1988), as plântulas de *Pinus taeda* micropropagadas apresentaram o sistema radicular menos desenvolvido do que as mudas produzidas através de sementes.

Os resultados das análises de variância individuais para as características estudadas, envolvendo a altura, o diâmetro e o volume cilíndrico são apresentados nas Tabelas 5, 8 e 11 respectivamente.

Os valores de F da análise de variância individual para altura (Tabela 5) mostraram variações genéticas significativas, tanto para progênies de meios irmãos como para progênies clonais, nos dois métodos de propagação, sendo que os valores de F foram bem maiores nas progênies clonais.

A eficiência do látice foi de 132,76% nos testes de progênies de meios irmãos e de 109,55% nos testes de progênies clonais, o que justificou a utilização deste delineamento experimental.

Os resultados de coeficientes de variação experimental encontrados para altura foram baixos, variando de 3,44 a 4,01%, mostrando boa eficiência estatística para a análise.

Para a característica altura de plantas, as progênies de meios irmãos apresentaram um crescimento médio de 16,29m aos 30 meses de idade. No teste de progênies clonais a média geral foi de 15,70m. No teste de progênies de meios irmãos, as matrizes selecionadas apresentaram um crescimento médio para altura de plantas de 16,38m enquanto que as testemunhas apresentaram 16,16m, aos 30 meses de idade.

Tabela 5. Resultados das análises de variância para a característica altura da planta

	Nº de progênes	CVexp. (%)	E. látice (%)	F _(EEF)	média (m)	
progênes de meios irmãos	tratamento	81	3,46	132,76	2,49**	16,29
	matrizes selecionadas	45	3,44	132,76	3,06**	16,38
	testemunhas	36	3,49	132,76	1,57*	16,16
progênes clonais	tratamento	81	3,95	109,55	6,06**	15,70
	matrizes selecionadas	45	3,90	109,55	5,51**	15,90
	testemunhas	36	4,01	109,55	6,01**	15,45

CVexp.(%) = coeficiente de variação experimental

E.látice(%) = eficiência do látice em porcentagem

F_(EEF) = valores de F em função do erro efetivo

No teste clonal, as mesmas matrizes selecionadas quando propagadas vegetativamente, mostraram-se inferiores no crescimento, com altura média de 15,90m. Este valor é ainda superior às testemunhas clonais sem seleção que apresentaram 15,45m, aos 30 meses de idade.

Nas Tabelas 6 e 7 estão apresentados os dados comparativos de altura média, respectivamente entre matrizes selecionadas e testemunhas sem seleção para os dois métodos de propagação, e entre progênes de meios irmãos e progênes clonais para as matrizes e testemunhas.

Na Tabela 6 observa-se que as matrizes selecionadas apresentam pequena superioridade em relação às testemunhas (1,36% na progênie de meios irmãos e 2,91% na progênie clonal), aos 30 meses de idade. Verifica-se também uma ligeira tendência de recuperação no crescimento em altura nas matrizes selecionadas, indicando o ganho real como reflexo da seleção efetuada. O ganho real aos 30 meses de idade foi maior para as progênes clonais em relação às progênes de meios irmãos, indicando a melhor efetividade na seleção quando se propaga vegetativamente. Uma possível explicação seria a utilização da variância genética total nos clones, conforme cita BURDON e SHELBOURNE (1973), enquanto que nas progênes de meios irmãos somente a variância genética aditiva é utilizada.

Segundo LONGMAN (1976), é possível ter mais certeza da seleção, quando esta for baseada em parcelas de árvores, todas do mesmo genótipo, e TODA (1963) afirma que o clone é essencialmente útil porque mostra a variância ambiental como sua variância fenotípica dentro de clones.

Tabela 6. Dados comparativos de altura média (m) entre matrizes selecionadas e testemunhas sem seleção para dois métodos de propagação

Idade	Progênie de meios irmãos			Progênie clonais		
	matrizes selecion. (45 progên.)	testemunhas (36 progên.)	diferença (%)	matrizes selecion. (45 progên.)	testemunhas	diferença (%)
6 meses	0,98	1,00	-2,04	0,68	0,67	1,49
9 meses	3,36	3,38	-0,59	2,59	2,54	1,97
12 meses	5,44	5,44	0,00	4,63	4,48	3,35
18 meses	9,18	9,22	-0,43	8,42	8,25	2,06
24 meses	14,05	13,94	0,79	13,58	13,38	1,49
30 meses	16,38	16,16	1,36	15,90	15,45	2,91

Tabela 7. Dados comparativos de altura média (m) entre métodos de propagação (progênes de meios irmãos e progênes clonais) para matrizes selecionadas e testemunhas

Idade	Matrizes selecionadas (45 progênes)			Testemunhas (36 progênes)		
	PMI	P. clonais	diferença(%)	PMI	P. clonais	diferença(%)
6 meses	0,98	0,68	44,12	1,00	0,67	49,25
9 meses	3,36	2,59	29,73	3,38	2,54	33,07
12 meses	5,44	4,63	17,49	5,44	4,48	21,43
18 meses	9,18	8,42	9,03	9,22	8,25	11,76
24 meses	14,05	13,58	3,46	13,94	13,38	4,19
30 meses	16,38	15,90	3,02	16,16	15,45	4,60

PMI = progênes de meios irmãos

P.clonais = progênes clonais

Uma outra possível explicação seria de que a estaquia influenciaria na idade fisiológica dos clones, permitindo atingir a maturidade mais cedo em relação às plantas propagadas por sementes e, desta forma, possibilitaria a avaliação precoce do comportamento das árvores na idade mais avançada. Já na comparação entre métodos de propagação, observa-se na Tabela 7 que havia uma grande superioridade nas progênes de meios irmãos em relação às progênes clonais (44,12% nas matrizes selecionadas e 49,25% nas testemunhas) aos 6 meses de idade. Esta superioridade diminuiu para 3,02% respectivamente nas matrizes selecionadas e nas testemunhas, aos 30 meses de idade.

Até a idade da avaliação não se verificou nenhuma superioridade da propagação vegetativa em relação à propagação por sementes. Estes resultados concordam com o que foi encontrado por BERTOLLOTI (1986) em *Eucalyptus grandis*, FRAMPTON JR. (1986) em *Pinus taeda* e Shelbourne e Thulin (1974), citado por RAUTER (1982), em *Pinus radiata*.

As progênes clonais propagadas por estaquia apresentaram um crescimento inicial lento em altura, ocasionando diferenças relativamente grandes em relação às progênes propagadas por sementes. Essas diferenças em valores absolutos não foram recuperadas até os 30 meses de idade, porém, em valores percentuais houve diminuição considerável. O crescimento inicial lento nos clones é também citado por FRAMPTON JR. (1988) e MACKEAND e WISNIEWSKI (1982), em *Pinus taeda*. Segundo estes mesmos autores, isso se deve à diferença no tamanho inicial das mudas e sistema radicular menos desenvolvido que nas plantas propagadas por sementes. Ainda, o crescimento mais lento na propagação vegetativa poderia ser atribuído à

planta mãe, que fornece os propágulos ser fisiologicamente adulta, conforme cita Rauter (1982) e Talbert *et alii* (1982), citados por ZOËL e TALBERT (1984). Partindo da suposição de que as testemunhas propagadas por sementes devem ser iguais às testemunhas propagadas por estaquia, a diferença entre os dois métodos de propagação de 4,60% aos 30 meses de idade comprova a existência do efeito da qualidade fisiológica da muda na propagação vegetativa. A diferença entre progênes de meios irmãos e progênes clonais para as matrizes selecionadas foi de 3,02% aos 30 meses de idade, menor em relação à diferença verificada anteriormente para as testemunhas. Essa diminuição da diferença nas matrizes selecionadas se deve provavelmente ao efeito da variância genética não aditiva na propagação vegetativa.

Para a característica diâmetro (DAP), foram verificadas variações significativas entre progênes aos 30 meses de idade. Os valores de F obtidos nas análises de variância individual em látice foram significativos ao nível de 1% tanto em progênes de meios irmãos como em progênes clonais, sendo que os valores foram ligeiramente maiores neste último.

Os coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) para diâmetro apresentaram valores baixos, sendo 4,18% para progênes de meios irmãos e 5,69% para progênes clonais, mostrando boa precisão experimental.

As eficiências do látice que é resultado da relação entre o erro do bloco ao acaso pelo erro efetivo do látice, em porcentagem, foram baixos sendo 105,27% e 109,05%, respectivamente para progênes de meios irmãos e para progênes clonais.

Tabela 8. Resultados da análise de variância individual para característica DAP (cm), aos 30 meses de idade

	Nº de progênes	Cv.exp. (%)	E.látice (%)	F (EEF)	média (cm)
Progênes de meios irmãos	Tratamento	4,18	105,27	3,40**	12,33
	Matrizes selecionadas	4,15	105,27	3,41**	12,40
	Testemunhas	4,21	105,27	3,34**	12,25
Progênes clonais	Tratamento	5,69	109,07	5,78**	11,81
	Matrizes selecionadas	5,57	109,07	5,75**	12,07
	Testemunhas	5,84	109,07	4,74**	11,50

CV.exp.(%) = coeficiente de variação experimental

E.látice (%) = eficiência do látice

F (EEF) = valores de F em função do erro efetivo

O crescimento médio em diâmetro nas progênes de meios irmãos foi de 12,33cm aos 30 meses de idade, enquanto que nas progênes clonais a média geral foi de 11,81cm. As matrizes selecionadas apresentaram um diâmetro médio de 12,40cm enquanto que as testemunhas apresentaram 12,25cm. Já no teste clonal, as mesmas matrizes selecionadas mostraram um crescimento de 12,07cm e as testemunhas 11,50cm.

Estes valores mostram a mesma tendência verificada para característica altura. Nas Tabelas 9 e 10 estão apresentados os valores comparativos de diâmetro: entre matrizes selecionadas e testemunhas para os dois métodos de propagação; e entre progênes de meios irmãos e progênes clonais para matrizes e testemunhas.

Pela Tabela 9 verifica-se que há uma pequena superioridade em diâmetro nas matrizes selecionadas em relação às testemunhas sem seleção, sendo de 0,01% no caso de propagação por sementes (progênes de meios irmãos) e de 4,96% no caso de propagação vegetativa (progênes clonais). O crescimento em diâmetro mostrou, também, tendências semelhantes à característica altura, quando se compara matrizes selecionadas e testemunhas. O ganho real para DAP foi maior nas progênes clonais indicando maior eficiência na seleção em relação às progênes de meios irmãos, conforme discutido anteriormente para altura.

Na comparação entre métodos de propagação, observa-se na Tabela 10 que aos 12 meses havia uma superioridade muito grande entre progênes de meios irmãos e progênes clonais (42,36 para matrizes selecionadas e 39,61 para testemunhas).

Tabela 9. Valores comparativos para diâmetro de plantas (DAP em cm) entre matrizes selecionadas e testemunhas para os dois métodos de propagação

Idade	Progenies de meios irmãos			Progenies clonais		
	matrizes selecionadas (45 prog.)	testemunhas (36 progên.)	diferença (%)	matrizes selecionadas (45 progên.)	testemunhas (36 progên.)	diferença (%)
12 meses	4,94	4,97	-0,60	3,47	3,56	-2,53
18 meses	8,40	8,39	0,12	7,31	6,95	5,18
24 meses	10,15	10,07	0,79	10,06	9,64	4,36
30 meses	12,40	12,25	0,01	12,07	11,50	4,96

Tabela 10. Dados comparativos de diâmetro (DAP em cm) entre métodos de propagação (progênes de meios irmãos e progênes clonais) para matrizes selecionadas e testemunhas

Idade	Matrizes selecionadas (45 progênes)			Testemunhas (36 progênes)		
	PMI	P. clonais	diferença(%)	PMI	P. clonais	diferença(%)
12 meses	4,94	3,47	42,36	4,97	3,56	39,61
18 meses	8,40	7,31	14,91	8,39	6,95	20,72
24 meses	10,15	10,06	0,89	10,07	9,64	4,46
30 meses	12,40	12,07	2,73	12,25	11,50	6,52

PMI = progênes de meios irmãos

Aos 30 meses de idade, a superioridade diminuiu para 2,73% e 6,52%, respectivamente para matrizes selecionadas e para testemunhas. O lento crescimento inicial em diâmetro, também foi observado nos clones devido provavelmente ao efeito da estaquia na qualidade fisiológica das mudas, conforme discutido anteriormente para altura da planta. O efeito da diferença na fisiologia da muda aos 30 meses de idade na característica diâmetro foi de 6,52%, considerando-se que as testemunhas propagadas por sementes deveriam ser iguais às testemunhas clonais. Para as matrizes selecionadas a diferença no diâmetro entre progênies de meios irmãos e progênies clonais foi de 2,73% aos 30 meses de idade, demonstrando que o efeito da fisiologia da muda deve ter sido compensado pelo efeito da variância genética não aditiva na propagação vegetativa.

Para a característica volume cilíndrico (Tabela 11), os coeficientes de variação experimental foram mais baixos nas progênies de meios irmãos mostrando um valor médio de 9,05% enquanto que em progênies clonais foi de 11,86%, valores que demonstram uma boa eficiência estatística.

Os valores de eficiência do látice encontrados foram de 103,65% nos testes de progênies de meios irmãos e de 110,05% nos testes de progênies clonais, mostrando que o uso do látice não aumentou a eficiência experimental.

Os valores de F da análise em látice mostraram variações altamente significativas entre progênies nos dois tipos de materiais genéticos (matrizes selecionadas e testemunhas) e dois tipos de propagação.

Tabela 11. Resultados das análises de variância individual em látice, para a característica volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) aos 30 meses de idade

	Nº de progênes	CV.exp. (%)	E. látice (%)	F (EEF)	média (m ³ /árvore)	
Progênes de meios irmãos	Tratamento	81	9,05	103,65	4,19**	0,2031
	Matrizes	45	8,85	103,65	4,22**	0,2077
	Testemunhas	36	9,36	103,65	3,73**	0,1973
Progênes clonais	Tratamento	81	11,86	110,05	8,31**	0,1788
	Matrizes	45	11,30	110,05	9,52**	0,1878
	Testemunhas	36	12,66	110,05	5,49**	0,1676

CV.exp.(%) = coeficiente de variação experimental

E.látice (%) = eficiência do látice

F (EEF) = valores de F em função do erro efetivo

Os valores comparativos de volume cilíndrico aos 30 meses de idade entre matrizes selecionadas e testemunhas, para os dois métodos de propagação, e entre progênes de meios irmãos e progênes clonais, para as matrizes selecionadas e testemunhas, são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Valores comparativos de volume cilíndrico ($m^3/\text{árvore}$) entre matrizes selecionadas e testemunhas e entre métodos de propagação, aos 30 meses de idade

Progênes de meios irmãos	Matrizes selecionadas (45 progênes)	0,2077
	Testemunhas (36 progênes)	0,1973
	Diferença (%)	5,27
Progênes clonais	Matrizes selecionadas (45 progênes)	0,1878
	Testemunhas (36 progênes)	0,1676
	Diferença (%)	12,05
Matrizes selecionadas (45 progênes)	Progênes de meios irmãos	0,2077
	Progênes clonais	0,1878
	Diferença (%)	10,60
Testemunhas (36 progênes)	Progênes de meios irmãos	0,1973
	Progênes clonais	0,1676
	Diferença (%)	17,72

Observa-se que as matrizes selecionadas são superiores às testemunhas, sendo essa diferença maior em progênes clonais do que em progênes de meios irmãos. O ganho real para volume cilíndrico é maior do que para altura da planta e diâmetro, por ser uma característica composta, sendo os valores mais compatíveis com os ganhos esperados com a seleção. Como foi verificado para as características altura e diâmetro, o teste de progênes clonais mostrou maior efetividade na seleção do que o teste de progênes de meios irmãos.

O ganho em progênes de meios irmãos refere-se à seleção em apenas um sexo, uma vez que as sementes utilizadas foram polinizadas ao acaso pela população. Se as mesmas matrizes selecionadas fossem instaladas no pomar de sementes, o ganho poderá ser em princípio duplicado. Os resultados de ganho real observados são preliminares e não refletem ainda a efetividade da seleção.

Quanto ao método de propagação verificou-se até a idade de avaliação, uma superioridade das progênes de meios irmãos em relação às progênes clonais, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas. Resultado semelhante foi encontrado por BERTOLOTTI (1986), com *Eucalyptus grandis* aos 2 anos de idade, onde os clones mostraram desenvolvimento inferior em relação às sementes comerciais.

O menor desenvolvimento verificado na propagação vegetativa poderia ser explicado pela diferença na qualidade fisiológica das mudas propagadas por estaquia em relação às obtidas por sementes, mesmo tendo as matrizes selecionadas um bom potencial genético. As mudas propagadas por estaquia apresentaram um sistema radicular menos desenvolvido do que

as mudas obtidas por sementes, de acordo com os resultados encontrados por FRAMPTON JR. e MACKEAND (1987) e por Mackeand e Wisniewski (1982), citados por FRAMPFON JR. e MACKEAND (1987), em plântulas micropropagadas de *Pinus taeda*. Ainda, a idade fisiológica das estacas obtidas de material adulto pode produzir crescimento mais lento, conforme relatados por RAUTER (1982) e por ZOBEL e TALBERT (1984). BURDON (1982) cita que o efeito de maturação progressiva poderia afetar a performance do clone, de forma que a mesma seria diferente entre a fase juvenil e fase adulta.

MORA (1986) observou uma associação entre o clone que apresentou maior crescimento e a presença de raízes terciárias e quaternárias que, provavelmente, foram as responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes. Observou, também a ausência de raiz pivotante em mudas propagadas por estaquia.

O tipo do sistema radicular influi grandemente no desenvolvimento da planta, conforme foi encontrado para diversas espécies de *Eucalyptus* por KREJCI, MARTINS e LOURENÇO (1986). Estes autores verificaram que o *Eucalyptus pellita* apresentou melhor arquitetura radicular, devendo ser uma espécie mais plástica em termos de utilização em reflorestamento. O *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus cloesiana* foram espécies que apresentaram o sistema radicular menos desenvolvido em profundidade, sendo as mais sensíveis às condições adversas do solo. O *Eucalyptus citriodora* apresentou um bom desenvolvimento da raiz pivotante, com raízes laterais restritas, sendo uma espécie que suporta melhor o déficit hídrico e mostrou baixo índice de crescimento e pouca resposta a níveis crescentes de adubação.

Considerando-se que as progênies de meios irmãos e as progênies clonais nas testemunhas deveriam ser iguais, a diferença observada entre elas de 17,72% em volume cilíndrico, aos 30 meses de idade, representa o efeito da qualidade da muda quando propagada vegetativamente. Já para as matrizes selecionadas a diferença entre as progênies de meios irmãos e as progênies clonais foi de 10,60% mostrando que o efeito da fisiologia diferenciada da muda por sementes e por estaca pode ter sido compensado pelo efeito da variância genética não aditiva na propagação vegetativa.

4.2. Resultados das Análises das Variâncias Conjuntas para as Características de Crescimento Envolvendo Métodos de Propagação

Os resultados das análises conjuntas envolvendo métodos de propagação para as características altura, DAP e volume cilíndrico aos 30 meses de idade, estão apresentadas na Tabela 13.

Os valores de F obtidos nas análises conjuntas foram altos para todas as características, mostrando variações significativas entre progênies, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas.

Os efeitos de métodos de propagação também foram altamente significativos para as características altura, DAP e volume cilíndrico, como pode ser verificado pelos valores de F nas análises conjuntas. Este fato demonstra que as progênies comportam-se de maneira diferente quando propagadas por sementes ou por estaquia até os 30 meses de idade. As mudas propagadas por estaquia apresentaram um incremento inicial menor, comparados

Tabela 13. Valores de F e coeficientes de variação experimental (CV %) nas análises de variação conjunta para altura, DAP e volume cilíndrico envolvendo dois métodos de propagação, aos 30 meses de idade

	Matrizes selecionadas (45 progênies)				Testemunhas		
	DAP(cm)	H (m)	Vol.cil. (m ³ /árvore)		DAP(cm)	H (%)	Vol.cil. (m ³ /árvore)
Médias gerais	12,23	16,14	0,1977		11,74	15,62	0,1772
F progênies (P)	7,34**	7,27**	30,15**		6,80**	5,89**	19,52**
F métodos (M)	20,30**	44,40**	117,83**		63,34**	67,67**	232,29**
F interação (PxM)	2,43**	1,54**	7,94**		2,97**	3,08**	7,87**
CV _{exp} (%)	5,07	3,67	6,19		5,28	3,79	6,91

ãs mudas obtidas por sementes, o que poderia explicar as variações entre os dois métodos de propagação.

Os incrementos médios anuais (IMA) em $m^3/ha/ano$ calculados, levando em consideração o número médio de plantas existentes aos 30 meses de idade, estão na Tabela 14.

Tabela 14. Incremento médio anual (IMA) em volume cilíndrico ($m^3/ha/ano$) aos 30 meses de idade, para progênes de meios irmãos e clonais

	Progênes de meios irmãos	Progênes clonais
	IMA ($m^3/ha/ano$)	IMA ($m^3/ha/ano$)
Matrizes selecionadas (45 progênes)	89,08	71,53
Testemunhas (36 progênes)	85,67	59,4

O incremento médio anual (IMA) obtido em matrizes selecionadas, propagadas através de sementes, foi de $89,08 m^3/ha/ano$. Essas matrizes quando propagadas por estaquia apresentaram um incremento médio de $71,53 m^3/ha/ano$. A diferença na produtividade foi de 24,54% a menos para os clones, que apresentaram um menor desenvolvimento e maior porcentagem de falhas, como foi apresentado anteriormente.

Para as testemunhas, a diferença de produtividade entre progênes de meios irmãos e progênes clonais foi de 44,13%, valor muito

superior em relação às matrizes selecionadas. A diferença no incremento médio anual entre matrizes selecionadas e testemunhas foi de 3,98% para propagação por sementes e de 20,34% para propagação clonal.

Para a interação de progênies x métodos de propagação, os valores de F obtidos na análise conjunta também foram significativos para todas as características estudadas, o que evidencia diferentes comportamentos das progênies em cada um dos métodos de propagação. As melhores progênies não foram as mesmas quando propagadas por sementes ou por estaquia, para as características avaliadas.

Conforme VENCovsky (1977), o valor fenotípico dos genitores nem sempre é reproduzido integralmente nos descendentes. Segundo o autor, em plantas panmíticas onde a multiplicação é feita por cruzamento, o genótipo dos descendentes não dependem só do indivíduo selecionado, mas também do genótipo daquele indivíduo com o qual ele foi cruzado. A propagação vegetativa permite a exploração da variabilidade genética total e perpetua os genótipos superiores sem diluir o seu potencial genético (THULIN, 1969), enquanto que nas progênies de meios irmãos somente a variância genética aditiva é utilizada. Os componentes de interação, segundo VENCovsky (1978), é devido à diferença de variabilidade genética do material dentro dos indivíduos e a falta de correlação entre material de um ambiente para o outro.

Algumas matrizes apresentaram um melhor desenvolvimento quando propagadas por sementes, outras foram melhores quando propagadas por estaquia e ainda existem algumas que mostraram o mesmo comportamento em ambos os métodos de propagação. Este fato sugere que num programa de

melhoramento, deve-se levar em consideração o método de propagação, uma vez que a seleção dos melhores clones pode não ser adequada para produção e utilização de sementes. As progênes de meios irmãos mostram comportamento diferenciado em relação às progênes clonais por serem função dos genes aditivos da população; e nas progênes clonais, além dos genes aditivos haveria os genes não aditivos. As matrizes que são altamente heterozigotas e heteróticas teriam um comportamento superior como clone e inferior como progênes de sementes. Conforme cita VENCovsky (1987), na reprodução por sementes é necessária a obtenção de genótipos superiores ou indivíduos que sejam capazes de deixar descendentes também com fenótipos superiores. Anon (1980), citado por BURDON (1982), afirma que a avaliação dos clones parece ser pouco utilizada como ferramenta de medida de valores reprodutivos das árvores matrizes, embora pareça ser vantajosa para características de alta herdabilidade como a densidade básica em *Pinus taeda*.

Para as testemunhas, encontrou-se também valores de F bastante semelhantes às matrizes selecionadas em todas as características estudadas, tanto entre progênes como entre métodos de propagação, assim como para interação, que foram altamente significativos. Porém os valores de F progênes encontrados foram menores para testemunhas em relação às matrizes selecionadas, enquanto que F métodos e F interação métodos x progênes foram maiores para todas as características. O maior valor de F progênes para material selecionado em relação às testemunhas é devido à baixa herdabilidade do caráter que, para o primeiro caso, faz com que se tenha progênes altamente superiores até progênes bem inferiores. Para testemunhas, as progênes tendem para a média da população.

Os coeficientes de variação experimental apresentaram valores baixos para todas as características mostrando boas precisões para análise estatística.

As médias ajustadas de altura, DAP e volume cilíndrico das matrizes selecionadas, colocadas em ordem decrescente tanto para progênes de meios irmãos como para progênes clonais, estão na Tabela 15.

Observa-se que algumas matrizes mudaram de posição quando propagadas por sementes ou por estaca e outras permaneceram na mesma posição. Para a característica altura, a matriz 77 ficou na segunda posição quando propagada por sementes, passou para a 26ª posição quando propagada vegetativamente. Já a matriz 64 mostrou o comportamento inverso, ou seja, da 31ª posição passou para a 2ª posição, respectivamente, quando propagada por sementes e por estaca.

Ainda para a característica altura, a matriz 70 manteve a primeira posição, tanto na propagação por semente como por estaca. Essas variações de posições ocorreram também para a característica DAP e volume cilíndrico. A matriz 69 que ocupou a primeira posição nas duas características quando propagadas por sementes, passou para a 17ª e 20ª posição, respectivamente para DAP e volume cilíndrico, quando propagada por estaca. Outras matrizes mostraram um comportamento inverso, ou até mesmo apresentaram um bom desenvolvimento em ambos os métodos de propagação. Essas tendências podem ser melhor visualizadas na Figura 15, onde os volumes cilíndricos individuais de algumas progênes foram colocados nos dois métodos de propagação.

Tabela 15. Médias ajustadas de altura, DAP e volume cilíndrico das 45 matrizes selecionadas aos 30 meses de idade e ordenadas em posições decrescentes

Característica	Altura				DAP				Vol. cil.			
	Semente		Estaca		Semente		Estaca		Semente		Estaca	
	Posição	Nº matriz (m)	Nº matriz (m)		Nº matriz (cm)	Nº matriz (cm)			Nº matriz (m³/arv.)	Nº matriz (m³/arv.)		
1	70	17,37	70	18,01	69	13,54	70	14,54	69	0,2543	70	0,3053
2	77	17,33	64	17,49	56	13,38	51	13,54	70	0,2433	51	0,2531
3	66	17,29	51	17,46	70	13,32	74	13,49	56	0,2417	64	0,2485
4	56	17,23	56	16,99	74	13,14	64	13,41	74	0,2375	74	0,2366
5	69	17,07	80	16,96	77	13,05	56	13,28	66	0,2374	56	0,2357
6	47	16,95	47	16,74	47	13,04	45	13,23	77	0,2344	45	0,2338
7	51	16,93	66	16,67	76	13,02	47	13,09	76	0,2328	81	0,2383
8	73	16,85	59	16,67	66	12,94	81	13,06	47	0,2309	47	0,2260
9	81	16,84	60	16,53	80	12,94	44	12,98	80	0,2273	80	0,2229
10	40	16,84	62	16,52	52	12,89	80	12,86	73	0,2253	44	0,2161
11	37	16,80	74	16,49	78	12,86	50	12,66	78	0,2245	66	0,2105
12	50	16,73	45	16,32	73	12,82	62	12,63	51	0,2233	62	0,2100
13	79	16,72	71	16,28	81	12,71	60	12,60	52	0,2226	50	0,2072
14	78	16,70	73	16,25	50	12,68	66	12,59	37	0,2193	60	0,2060
15	59	16,69	75	16,25	45	12,56	79	12,56	64	0,2189	79	0,2051
16	80	16,65	44	16,22	46	12,56	42	12,49	81	0,2181	68	0,2022
17	44	16,64	50	16,16	40	12,51	69	12,42	79	0,2181	42	0,2019
18	75	16,61	81	16,15	51	12,50	71	12,41	50	0,2172	71	0,1980
19	74	16,59	68	16,09	64	12,49	68	12,36	45	0,2135	46	0,1966
20	76	16,58	79	16,08	37	12,48	46	12,33	40	0,2133	69	0,1956
21	60	16,53	37	16,04	79	12,47	78	12,25	46	0,2103	78	0,1954
22	46	16,52	42	15,96	60	12,45	37	12,10	60	0,2099	37	0,1865
23	45	16,50	46	15,95	44	12,37	39	12,03	44	0,2067	76	0,1821
24	53	16,47	40	15,95	59	12,37	76	12,00	71	0,2064	39	0,1807
25	58	16,33	78	15,91	75	12,34	48	11,90	68	0,2049	73	0,1799
26	52	16,30	77	15,83	58	12,31	73	11,81	62	0,2031	59	0,1768
27	49	16,29	58	15,74	71	12,30	54	11,67	59	0,2031	75	0,1739
28	62	16,28	76	15,74	39	12,30	65	11,64	75	0,2016	48	0,1735
29	38	16,27	69	15,67	62	12,29	59	11,57	58	0,2004	58	0,1679
30	68	16,23	39	15,67	68	12,27	75	11,57	39	0,1973	54	0,1679
31	64	16,19	49	15,58	57	12,19	58	11,57	63	0,1968	65	0,1670
32	48	16,12	54	15,52	63	12,19	61	11,45	48	0,1945	40	0,1651
33	39	16,10	48	15,49	48	12,14	67	11,37	42	0,1919	77	0,1592
34	43	16,00	38	15,42	43	12,11	53	11,29	43	0,1899	61	0,1557
35	54	15,97	55	15,36	49	12,01	77	11,26	49	0,1879	67	0,1530
36	71	15,94	53	15,06	38	11,87	40	11,24	54	0,1875	53	0,1525
37	63	15,87	41	15,03	53	11,85	41	11,16	38	0,1871	63	0,1505
38	57	15,86	65	14,99	54	11,78	43	11,15	57	0,1866	43	0,1503
39	41	15,81	61	14,94	41	11,69	57	11,13	53	0,1859	41	0,1493
40	42	15,60	72	14,93	61	11,67	52	10,95	65	0,1794	38	0,1445
41	55	15,59	63	14,87	42	11,62	63	10,94	41	0,1762	57	0,1367
42	72	15,51	67	14,67	72	11,60	38	10,84	61	0,1757	72	0,1366
43	61	15,48	43	14,55	67	11,59	72	10,63	72	0,1745	52	0,1354
44	67	15,23	52	14,43	65	11,56	55	10,55	67	0,1709	49	0,1351
45	65	14,84	57	14,00	55	11,03	49	10,44	55	0,1622	55	0,1350

PROGÊNIOS DE MEIOS IRMÃOS

PROGÊNIOS CLONAIS

Figura 1 - Comportamento de algumas progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden em volume cilíndrico (m³/árvore) nos dois métodos de propagação aos 30 meses de idade. Foram utilizadas progênies que mantiveram posições estáveis e aquelas com diferença de 10 pontos na sua posição relativa. r = coeficiente de correlação ao nível de médias entre progênies de meios irmãos e progênies clonais, para as 45 árvores selecionadas, t = teste de significância de r .

O comportamento diferencial demonstrado pelas matrizes frente ao método de propagação deve ser utilizada para obtenção de progênes específicas para o programa de melhoramento sexuado ou assexuado. Este fato evidencia a importância da implantação do teste de progênes de meios irmãos e testes clonais com as mesmas matrizes, uma vez que os clones podem não ter correlação com o valor reprodutivo ou produção de sementes.

A propagação por estaca, apesar de apresentar em média um desenvolvimento inferior à propagação por sementes, para todas as características, mostrou alguns clones excepcionais, com desenvolvimento inclusive superior a qualquer progênie de meios irmãos. Para a característica altura, os clones 70, 64 e 51 foram superiores a todas as progênes de meios irmãos. As mesmas situações foram verificadas nos clones 70 e 51 para DAP e clone 70 para o volume cilíndrico. Provavelmente os clones com comportamento muito superior às sementes devem ter sua superioridade fenotípica devido aos genes não aditivos.

Os piores resultados de crescimento foram também verificados para clones, o que pode explicar melhor as médias inferiores em relação às progênes de meios irmãos. A amplitude da variação para matrizes propagadas vegetativamente foi muito maior do que para matrizes propagadas por sementes. Por exemplo, para a característica altura, houve variação de 14,84m a 17,37m, respectivamente para as matrizes 65 e 70, na propagação por sementes enquanto que na propagação por estaquia variou de 14,00m a 18,01m, respectivamente para as matrizes 57 e 70.

O coeficiente de correlação entre progênes de meios-irmãos e progênes clonais foi relativamente alto (0,67), o que mostra a existência de certa correlação ao nível de médias. Apesar disso, o mais importante é o fato de que algumas matrizes não seguem esta tendência.

Estes resultados indicam que no programa de propagação vegetativa em escala comercial é imprescindível que os testes clonais sejam instalados para que se possa selecionar os melhores clones efetivamente e com isso obter os melhores ganhos possíveis. Segundo a recomendação de RAUTER (1982), antes de envolver-se em um programa de propagação vegetativa em larga escala, deve haver garantia de que o material selecionado manterá a sua superioridade até a fase de exploração.

4.3. Estimativa de Parâmetros Genéticos

4.3.1. Estimativa de variâncias genéticas e não genéticas para as características altura, DAP e volume cilíndrico

As estimativas de variâncias genéticas e fenotípicas para as características altura, diâmetro e volume cilíndrico, tanto para progênes de meios irmãos como para progênes clonais, aos 30 meses de idade estão expressos na Tabela 16.

Essas estimativas, obtidas a partir dos componentes de variância nas análises individuais, foram utilizadas para se calcular os coeficientes de variação e herdabilidade em cada um dos métodos de propagação e material genético.

Tabela 16. Estimativa de variâncias genéticas dentro de progênes (σ^2d), entre progênes (σ^2p), do erro (σ^2e), fenotípica (σ^2F) e a relação σ^2d/σ^2p , para as características altura, DAP e volume cilíndrico, aos 30 meses de idade

Características	Parâmetro	Progênes de meios irmãos		Progênes clonais	
		Matrizes selecionadas	Testemunhas	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Altura (m)	σ^2d	2,9879	3,0649	1,2476	1,4150
	σ^2e	0,0077	0,0036	0,2388	0,2071
	σ^2p	0,2182	0,0607	0,5774	0,8420
	σ^2F	3,2138	3,1292	2,0638	2,2641
	σ^2d/σ^2p	13,69	50,48	2,16	2,20
DAP (cm)	σ^2d	3,8005	2,7114	1,7718	1,8158
	σ^2e	0,0000	0,0000	0,2464	0,2238
	σ^2p	0,2135	0,2072	0,7151	0,5624
	σ^2F	3,8856	2,9065	2,7314	2,6019
	σ^2d/σ^2p	17,80	13,09	2,48	3,23
Vol.cil. (m ³ /árvore)	σ^2d	0,004607	0,003550	0,002097	0,001721
	σ^2e	0,000000	0,000000	0,000205	0,000234
	σ^2p	0,000363	0,000307	0,001278	0,000674
	σ^2F	0,004831	0,003832	0,003580	0,002629
	σ^2d/σ^2p	12,69	11,56	1,64	2,55

Os valores das estimativas de variância dentro de progênes (σ^2_d) foram menores nos clones em relação às progênes de meios irmãos, em todas as características. Estas situações foram verificadas nas matrizes selecionadas e nas testemunhas, nos dois métodos de propagação. Os clones, por serem geneticamente idênticos à planta mãe, apresentaram maior homogeneidade dentro de progênes, o que resultou também na menor variância fenotípica.

Quando se observa a variância entre progênes (σ^2_p) verifica-se uma outra tendência, ou seja, os valores encontrados, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas, foram sempre maiores nas progênes clonais em relação às progênes de meios irmãos.

A relação entre a variância dentro de progênes e a variância genética entre progênes (σ^2_d/σ^2_p) se apresenta como um parâmetro indicador do sistema reprodutivo. FONSECA (1982) sugeriu que nas plantas alógamas essa relação tenderia para valores maiores que dez. Para todas as características analisadas os valores da relação entre as variâncias dentro e entre progênes (σ^2_d/σ^2_p) foram sempre superiores a 10 nas progênes de meios irmãos, o que confirma a característica alógama da espécie quando propagada por sementes. Resultado semelhante foi encontrado também por PATIÑO-VALERA (1986) em testes de progênes de *Eucalyptus saligna*.

Por outro lado, essa mesma relação (σ^2_d/σ^2_p) nas progênes clonais apresentaram valores muito baixos em todas as características, demonstrando ser um padrão de tendência para plantas de reprodução vegetativa.

Na Tabela 16 observa-se ainda influência da seleção nas variâncias entre progênes (σ^2_p). Em todas as características estudadas, os valores de variância genética entre progênes foram ligeiramente maiores em matrizes selecionadas em relação às testemunhas. Entretanto, a relação σ^2_d/σ^2_p mostrou diferentes comportamentos nas características. Para a característica altura, em progênes de meios irmãos, essa relação nas testemunhas apresentou valores bem maiores, enquanto que para as características DAP e volume cilíndrico os valores foram maiores nas matrizes selecionadas.

A variação dentro de progênes de meios irmãos contém (considerando-se desprezível a variância epistática):

$$\sigma^2_d = (3/4)\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_{da}$$

onde:

σ^2_A = variância genética aditiva

σ^2_{NA} = variância genética não aditiva

σ^2_{da} = variância dentro ambiental

Em se tratando de propagação de plantas alógamas, o componente de variância mais importante é a contribuição devido aos efeitos aditivos dos genes (PATERNIANI, 1966, FALCONER, 1981; VENCOSKY, 1978) e o melhoramento pela seleção depende da presença suficiente da variância genética aditiva (ELDRIDGE, 1977). Por outro lado, para a propagação vegetativa, quanto maior o efeito genético não aditivo maior será o potencial para o ganho genético, conforme relatado por MACKEAND e WEIR (1984) e por Fielding (1970), citado por ZOBEL e TALBERT, 1984.

Uma possibilidade de se estimar a variância genética não aditiva é através da utilização da variância dentro de clones que contém apenas a variância ambiental dentro da parcela (σ^2_{da}). Considerando-se que os experimentos foram implantados em condições semelhantes, a estimativa da variância não aditiva nas progênes de meios irmãos fica:

$$\sigma^2_{NA} = \sigma^2_d - (3/4) \sigma^2_A - \sigma^2_{da}$$

Os resultados encontrados estão na Tabela 17:

Tabela 17. Estimativas das variâncias genéticas não aditivas (σ^2_{NA}) em progênes de meios irmãos para características de crescimento, aos 30 meses de idade

Características	Matrizes selecionadas		Testemunhas	
	σ^2_{NA}	$\frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}}$	σ^2_{NA}	$\frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}}$
Altura	1,0857	0,4460	1,4678	0,1420
DAP	1,3882	0,3809	0,2740	0,7515
Vol. cil.	0,001421	0,5054	0,000908	0,5749

A relação $\frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}}$ demonstra a quantidade da variância genética aditiva em relação à variância genética total. Observa-se que para a característica altura e DAP, nas matrizes selecionadas, a variância genética aditiva representa menos da metade da variância total. Para a característica volume cilíndrico o efeito genético aditivo é igual ao efeito genético não aditivo.

Nas testemunhas, observa-se que há maior quantidade de variância genética aditiva nas características DAP e volume cilíndrico, enquanto que para altura da planta há menor efeito genético não aditivo. Esse fato evidencia o exposto por Fielding (1970), citado por ZOBEL e TALBERT (1984) onde, para algumas características, os ganhos de regeneração por sementes poderão ser grandes, mas para outras que contêm quantidades significativas de variância não aditiva, os ganhos serão menores em relação à propagação vegetativa.

Essas estimativas das variâncias não aditivas com valores bastante altos não estão coerentes com os resultados obtidos de herdabilidade no sentido amplo, que foram baixos. Isso talvez se deva ao método indireto de estimativa de variância não aditiva, que pode estar acumulando erros. Por outro lado, como os resultados de variância não aditiva foram altos para todas as características e materiais genéticos, deve-se levantar a possibilidade de que a variância genética não aditiva seja expressiva na população.

A observação dos coeficientes de variação genética, apresentada na Tabela 18, evidencia melhor as diferentes tendências das variâncias nos dois métodos de propagação.

Os coeficientes de variação dentro ($CV_d\%$) para as três características foram sempre maiores nas progênes de meios irmãos, enquanto que os coeficientes de variação entre progênes ($CV_p\%$) foram sempre bem maiores nas progênes clonais.

Tabela 18. Coeficiente de variação dentro de progênes ($CV_d\%$), entre progênes ($CV_p\%$) e fenotípicas ($CV_F\%$) para as características estudadas aos 30 meses de idade

Características	Parâmetro	Progênes de meios irmãos		Progênes clonais	
		Matrizes selecionadas	Testemunhas	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Altura	$CV_d\%$	10,55	10,83	7,02	7,70
	$CV_p\%$	2,85	1,52	4,78	5,19
	$CV_F\%$	10,94	10,95	9,04	9,74
DAP	$CV_d\%$	15,72	13,44	11,33	11,03
	$CV_p\%$	3,73	3,72	7,18	7,01
	$CV_F\%$	15,90	13,92	14,03	13,69
Vol.cil.	$CV_d\%$	32,68	30,20	24,38	24,75
	$CV_p\%$	9,17	8,88	19,03	15,49
	$CV_F\%$	33,46	31,37	31,86	30,59

De um modo geral a característica altura apresentou menores valores de coeficientes de variação genética, seguido do DAP. O volume cilíndrico, por ser uma característica composta, apresentou maiores valores de coeficientes de variação.

Pelos valores dos coeficientes de variação genética expressos na Tabela 18, observa-se uma pequena influência da seleção nas

estimativas das variâncias, porém sem nenhuma tendência para os resultados.

Os coeficientes de variação dentro de parcelas ($CV_d\%$) e entre progênies ($CV_p\%$) mostraram valores próximos entre as matrizes selecionadas e as testemunhas, tanto em progênies de meios irmãos como em progênies clonais. No caso de progênies clonais, entretanto, a variância dentro é devida apenas à variância ambiental dentro da parcela, uma vez que são propagadas vegetativamente. Portanto, é de se esperar que o coeficiente de variação dentro ($CV_d\%$) para clones seja menor como foi observado na tabela 18. Porém, na fase inicial, a qualidade da muda ligada a aspectos fisiológicos como foi discutido anteriormente, parece influir grandemente na variância dentro de progênies clonais, como mostra a Tabela 19.

Observa-se na Tabela 19 que os coeficientes de variação dentro ($CV_d\%$) para altura e DAP nas progênies de meios irmãos não mostraram nenhuma tendência de diminuição ou de aumento dos valores em função da idade. Esta situação é verificada tanto nas matrizes selecionadas como nas testemunhas, quando propagadas por sementes. Uma possível explicação seria a de que ainda não tenha iniciado a competição entre plantas dentro de progênies no espaçamento utilizado. O aumento de variação dentro de parcelas com a idade verificado por PATIÑO-VALERA (1986) em *Eucalyptus saligna* Smith se deve ao estabelecimento de competição entre plantas, o que também explicaria a diminuição dos coeficientes de herdabilidade com a idade.

Tabela 19. Coeficiente de variação dentro de progênes para as características altura e DAP nas idades de 12, 18, 24 e 30 meses

Característica	Idade	Progênes de meios irmãos		Progênes clonais	
		Matrizes selecionadas	Testemunhas	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Altura	12	12,20	10,37	13,69	13,35
	18	10,44	8,57	7,88	8,27
	24	10,58	10,62	7,08	7,17
	30	10,55	10,83	7,02	7,70
DAP	12	16,97	15,01	22,28	21,41
	18	14,20	12,26	12,96	12,94
	24	14,72	12,91	11,11	10,77
	30	15,72	13,44	11,03	11,72

Para as progênes clonais foram observadas nítidas tendências de diminuição dos valores de coeficientes de variação dentro com a idade, até 30 meses, nas duas características. Os coeficientes de variação dentro ($CV_d\%$) para altura e DAP, aos 12 meses de idade, foram maiores nas progênes clonais. Já aos 30 meses de idade, houve uma inversão de posição sendo que os valores dos coeficientes de variação dentro das progênes clonais passaram a ser menores em relação às progênes de meios irmãos.

As plantas propagadas vegetativamente por estaquia apresentaram no início uma variação dentro muito grande, possivelmente influenciadas pela qualidade fisiológica das mudas. Com o desenvolvimento houve uma tendência de uniformização, demonstrando a predominância da homogeneidade genética dentro dos clones.

Os coeficientes de variação genética entre progênes ($CV_p\%$) para as características altura e diâmetro estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Coeficientes de variação genética entre progênes ($CV_p\%$), para as características altura e DAP aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade

Características	Idade (meses)	Progênes de meios irmãos		Progênes clonais	
		Matrizes selecionadas	Testemunhas	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Altura	12	3,37	2,60	6,15	8,07
	18	1,71	1,52	3,64	5,22
	24	2,96	1,67	3,65	4,85
	30	2,85	1,52	4,78	5,19
DAP	12	4,67	2,98	7,82	10,21
	18	4,06	2,77	5,32	6,06
	24	3,83	3,35	6,52	6,35
	30	3,73	3,72	7,01	6,52

A comparação de tendências do coeficiente de variação entre progênies ($CV_p\%$) entre idades deve ser efetuada levando-se em consideração os pares de idade de 12 e 24 meses, já que se referem às medições no mesmo período de crescimento. Usando este critério, verifica-se que o coeficiente de variação entre progênies mostra uma tendência de decréscimo com a idade, tanto para progênies de meios irmãos como para progênies clonais. Esses dados concordam com os obtidos por KAGEYAMA (1983), que verificou o decréscimo do coeficiente de variação genética com a idade para *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Segundo o autor, a análise da evolução dos diferentes tipos de coeficientes de variação permite discutir fundamentalmente a evolução do coeficiente de herdabilidade.

Um outro ponto colocado pelo mesmo autor é que a alta herdabilidade genética na idade juvenil seria importante para que as árvores mantivessem a posição competitiva da copa no dossel superior do povoamento até o início da preparação da árvore para a reprodução da espécie. Resultado semelhante de decréscimo do coeficiente de variação entre progênies foi também encontrado por PATIÑO-VALERA (1986) em *Eucalyptus saligna*.

Os maiores valores de coeficientes de variação entre progênies foram verificados em testemunhas das progênies clonais, seguindo-se pela ordem decrescente, em matrizes das progênies clonais e matrizes e testemunhas das progênies de meios irmãos.

O coeficiente de variação fenotípica, resultante das variâncias genéticas entre e dentro de progênies e das variâncias ambientais, mostrou diferentes resultados entre progênies de meios irmãos e progênies clonais. Na Tabela 21 estão apresentados os coeficientes de variação

fenotípica ($CV_F\%$) para as características altura e DAP.

Observa-se que as progênies clonais, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas, apresentaram tendência de diminuição dos coeficientes de variação fenotípica até os 30 meses de idade.

Tabela 21. Coeficiente de variação fenotípica ($CV_F\%$) para as características altura da planta e DAP aos 12, 18, 24 e 30 meses de idade

Características	Idade (meses)	Progênies de meios irmãos		Progênies clonais	
		Matrizes selecionadas	Testemunhas	Matrizes selecionadas	Testemunhas
Altura	12	12,92	11,19	16,18	16,83
	18	10,60	8,94	9,54	10,53
	24	11,13	10,91	8,54	9,17
	30	10,94	10,95	9,04	9,74
DAP	12	17,81	15,73	25,21	25,62
	18	14,64	12,64	14,74	15,08
	24	15,08	13,40	13,50	13,23
	30	15,90	13,92	13,69	14,03

Em progênies de meios irmãos os coeficientes de variação fenotípica não mostraram tendências visíveis no decorrer da idade.

Essas tendências estão melhor ilustradas na Figura 2.

Figura 2. Evolução dos coeficientes de variação da variância dentro ($CV_d\%$), variância genética entre progênies ($CV_p\%$) e variância fenotípica ($CV_F\%$), para a característica diâmetro (DAP), em progênies de meios irmãos e clonais.

4.3.2. Estimativas de herdabilidade

As estimativas de herdabilidade obtidas para as progênies de meios irmãos (sentido restrito) e para progênies clonais (sentido amplo), para as características avaliadas são apresentadas na Tabela 22.

Para as estimativas da herdabilidade no sentido restrito, as progênies estudadas foram consideradas como sendo de melhor irmãos e a ocorrência de endogamia desprezível, conforme preconizado por VENCovsky (1969).

Os valores de coeficientes de herdabilidade tanto no sentido restrito como no sentido amplo variaram nas diferentes idades, características e métodos de propagação, mostrando que a herdabilidade não é uma magnitude fixa e depende tanto da população como do meio ambiente, conforme relatado por DITLEVISEN (1980).

A característica volume cilíndrico apresentou valores maiores para os três tipos de herdabilidade, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas. Estes dados não estão coerentes com os resultados encontrados em literatura, onde de uma maneira geral a característica volume cilíndrico é considerada de baixa herdabilidade, como foi constatado por PATIÑO-VALERA (1986), em *Eucalyptus saligna* e MORAES (1987) em *Eucalyptus grandis*.

Tabela 22. Estimativas de coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas individuais (h^2 individuais), ao nível de médias de famílias (h^2 médias) e ao nível de plantas dentro de famílias (h^2 dentro), no sentido restrito para progênes de meios irmãos e no sentido amplo para progênes clonais

Característica	herdabil.	Idade	Progênes de meios irmãos		Progênes clonais	
			matrizes selecionadas	testemunhas	matrizes selecionadas	testemunhas
Altura	h^2 indiv.	12	0,27	0,22	0,14	0,23
		18	0,10	0,12	0,15	0,25
		24	0,28	0,09	0,18	0,28
		30	0,27	0,08	0,28	0,28
	h^2 médias	12	0,61	0,48	0,67	0,76
		18	0,43	0,37	0,64	0,78
		24	0,64	0,36	0,72	0,82
		30	0,67	0,36	0,82	0,83
	h^2 dentro	12	0,23	0,19		
		18	0,08	0,09		
		24	0,23	0,07		
		30	0,22	0,06		
DAP	h^2 indiv.	12	0,27	0,14	0,10	0,16
		18	0,31	0,19	0,13	0,16
		24	0,26	0,25	0,23	0,23
		30	0,22	0,29	0,26	0,22
	h^2 médias	12	0,64	0,42	0,58	0,68
		18	0,75	0,62	0,68	0,72
		24	0,71	0,64	0,81	0,78
		30	0,71	0,70	0,83	0,79
	h^2 dentro	12	0,23	0,12		
		18	0,24	0,15		
		24	0,20	0,20		
		30	0,17	0,23		
Vol.cil.	h^2 indiv.	24	0,34	0,26	0,30	0,25
		30	0,29	0,32	0,36	0,26
	h^2 médias	24	0,76	0,68	0,86	0,79
		30	0,70	0,72	0,89	0,82
	h^2 dentro	24	0,27	0,21		
		30	0,24	0,26		

Uma característica com alta herdabilidade, segundo FALCONER (1981), pode ser melhorada através de seleção massal, enquanto que para características de baixa herdabilidade a seleção por famílias seria muito mais eficiente. Os coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de famílias, foram consideravelmente mais altos do que ao nível de plantas individuais e dentro de famílias. Segundo Kriebel *et alii* (1972) e Cotterill & Zed (1980), citados por MORAES (1987), estes resultados indicam que a seleção com base em famílias deve ser mais efetiva que a dentro de famílias.

As tendências de herdabilidade ao nível de plantas individuais variaram para cada característica e para cada idade analisada. Para a característica altura, observa-se diferentes padrões nos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito e no sentido amplo. No sentido restrito (progênes de meios irmãos) houve um decréscimo da herdabilidade aos 18 meses, tornando a crescer aos 24 meses de idade. Contudo, as matrizes selecionadas apresentaram sempre maiores valores de coeficientes de herdabilidade em relação às testemunhas, sendo que essas diferenças continuaram aumentando ligeiramente com a idade.

A herdabilidade no sentido amplo (progênes clonais) para altura apresentou uma leve tendência de aumento dos valores com a idade, tanto nas matrizes selecionadas como nas testemunhas. Entretanto, diferentemente das progênes de meios irmãos, as testemunhas apresentaram sempre valores maiores de herdabilidade no sentido amplo em relação às matrizes selecionadas, sendo que essa diferença tendeu a diminuir aos 30 meses de idade.

Para a característica diâmetro (DAP), a herdabilidade individual no sentido restrito (progênes de meios irmãos) apresentou uma tendência de diminuição somente aos 18 meses de idade nas matrizes selecionadas, enquanto que nas testemunhas a herdabilidade continuou a aumentar com a idade. Aos 30 meses, as testemunhas apresentaram herdabilidade maior do que as matrizes selecionadas. Ainda para a característica DAP, a herdabilidade individual no sentido amplo (progênes clonais) demonstrou uma tendência de crescimento com a idade nas matrizes selecionadas. Nas testemunhas clonais a herdabilidade no sentido amplo aumentou até os 24 meses e decresceu entre 24 e 30 meses.

A herdabilidade individual no sentido restrito para volume cilíndrico mostrou um decréscimo nas matrizes selecionadas, enquanto que nas testemunhas houve um crescimento nos valores entre 24 e 30 meses. Já a herdabilidade individual no sentido amplo para volume cilíndrico mostrou que houve um crescimento nos valores, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas.

Estas tendências de aumento dos valores de coeficientes de herdabilidade com a idade não estão coerentes com o que foi constatado pelos vários autores em *Eucalyptus*, como KAGEYAMA (1983) e PATIÑO-VALERA (1986), que verificaram tendências de diminuição com a idade.

A diminuição dos valores dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito com a idade, segundo KAGEYAMA (1983), se deve à diminuição de variância genética ou ao incremento de variação fenotípica. O mesmo autor salienta que o decréscimo do coeficiente de herdabilidade poderia ser explicado pelo decréscimo mostrado pelo coeficiente de variação

genética. MORI (1987) comenta que características com diferentes herdabilidades possuem comportamento diferenciado em relação à competição. O mesmo autor cita que valores de herdabilidade encontrados por PATINO-VALERA (1986) foram decrescentes para altura, DAP e volume cilíndrico, inversamente proporcional aos efeitos competicionais. Segundo SAKAI & MUKAIDE (1986), os efeitos da competição ambiental podem aumentar substancialmente a variância total em povoamentos de mistura de genótipos em relação aos povoamentos puros, exercendo influências nas estimativas de herdabilidade.

Em progênies clonais houve um aumento da variância entre progênies, enquanto que a variância fenotípica mostrou um aumento menor, uma vez que a variância dentro foi menor. Este fato poderia explicar o aumento do valor da herdabilidade com a idade.

Para a característica altura, os valores de herdabilidade ao nível de médias mostraram tendências semelhantes aos de herdabilidades individuais. Em progênies de meios irmãos, a herdabilidade média nas matrizes selecionadas decresceu aos 18 meses, tornando a aumentar até os 30 meses de idade. As matrizes selecionadas apresentaram sempre maiores valores de herdabilidade média em relação às testemunhas.

Em progênies clonais, a herdabilidade ao nível de médias para altura mostrou, nas matrizes selecionadas, um ligeiro decréscimo aos 18 meses, tornando a crescer aos 24 meses de idade enquanto que nas testemunhas mostrou uma nítida tendência de aumento com a idade. As testemunhas sempre apresentaram maiores coeficientes de herdabilidade média em relação às matrizes selecionadas, sendo que essa diferença tendeu a diminuir aos 30 meses de idade.

Para a característica DAP, a herdabilidade média em progênes de meios irmãos mostrou uma tendência de decréscimo após 18 meses nas matrizes selecionadas, enquanto que nas testemunhas mostrou nítida tendência de aumento, atingindo o maior valor de herdabilidade média aos 30 meses. Em progênes clonais, a herdabilidade ao nível de médias de famílias para DAP mostrou uma leve tendência de crescimento até os 30 meses de idade, tanto nas matrizes selecionadas como nas testemunhas.

Para a característica volume cilíndrico, a herdabilidade média para as progênes de meios irmãos mostrou valores próximos entre 24 e 30 meses de idade. Houve um ligeiro decréscimo para as matrizes selecionadas e um pequeno aumento para as testemunhas. Já para as progênes clonais, a herdabilidade média mostrou um ligeiro crescimento tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas.

As estimativas de herdabilidade ao nível de plantas dentro de famílias (h^2 dentro) foram obtidas somente em progênes de meios irmãos. Em progênes clonais, a variabilidade genética dentro de clones é nula, existindo apenas o efeito ambiental.

O coeficiente de herdabilidade dentro para progênes de meios irmãos não mostrou nenhuma tendência nos valores com a idade, nas três características estudadas.

O coeficiente de herdabilidade para progênes de meios irmãos, para as três características estudadas, foram menores que para progênes clonais aos 30 meses de idade. Essas diferenças são mostradas na Tabela 23.

Tabela 23. Coeficientes de herdabilidade para progênie de meios irmãos (PMI) e para progênie clonais, para matrizes selecionadas e testemunhas, aos 30 meses de idade

Caracte- rística	h ² individual			h ² médias			
	PMI	Progênes clonais	diferença (%)	PMI	Progênes clonais	diferença (%)	
Matrizes selecio- nadas	Altura	0,27	0,28	3,70	0,67	0,82	23,39
	DAP	0,22	0,26	18,18	0,71	0,83	16,90
	Vol.cil.	0,29	0,36	24,14	0,70	0,89	27,14
Teste- munhas	Altura	0,08	0,28	250,00	0,36	0,83	130,56
	DAP	0,29	0,22	-24,14	0,70	0,79	12,86
	Vol.cil.	0,32	0,26	-18,75	0,72	0,82	13,89

Os coeficientes de herdabilidade individual no sentido amplo para matrizes selecionadas foram maiores que no sentido restrito. Essas diferenças foram de 3,70%, 18,18% e 24,14%, respectivamente para as características altura, DAP e volume cilíndrico. Para as testemunhas as diferenças entre os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito foram de 250,00%, -24,14% e -18,75%, respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico.

Os coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de famílias em progênes de meios irmãos também foram menores que em progênes clonais, aos 30 meses de idade. As diferenças nas matrizes selecionadas foram de 23,39%, 16,90% e 27,14%, respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico enquanto que nas testemunhas essas diferenças foram de 130,56%, 12,86% e 13,89%, para altura, DAP e volume cilíndrico respectivamente. Poucos estudos têm sido feitos com o objetivo de comparar a herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito. TODA (1972) encontrou valores de herdabilidades maiores no sentido restrito do que no sentido amplo, para diversas características em *Criptomeria japonica*. Por outro lado, Stern (1962), citado por HATTEMER (1963), encontrou valores de herdabilidades ligeiramente maiores no sentido amplo em relação ao de sentido restrito para as características altura e resistência à doença em *Betula verrucosa*. Resultado semelhante também foi verificado por Bingham (1960), citado por HATTEMER (1963) para resistência à doenças em *Pinus monticola*.

As comparações dos coeficientes de herdabilidade entre as matrizes selecionadas e as testemunhas, aos 30 meses de idade estão expressos na Tabela 24.

Tabela 24. Coeficientes de herdabilidade para matrizes selecionadas e testemunhas para progênes de meios irmãos e clonais, aos 30 meses de idade

Herdabi- lidade	Caracte- rística	Progênes de meios irmãos			Progênes clonais		
		matrizes selecion.	testemunhas	diferença (%)	matrizes selecion.	testemunhas	diferença (%)
h^2 indiv.	H	0,27	0,08	237,50	0,28	0,28	0,00
	DAP	0,22	0,29	-24,41	0,26	0,22	18,18
	Vol.cil.	0,29	0,32	- 9,38	0,36	0,26	38,46
h^2 médias	H	0,67	0,36	86,11	0,82	0,83	-1,20
	DAP	0,71	0,70	1,43	0,83	0,79	5,06
	Vol.cil.	0,70	0,72	-2,78	0,89	0,82	8,54
h^2 dentro	H	0,22	0,06	266,67			
	DAP	0,17	0,23	-26,09			
	Vol.cil.	0,24	0,26	- 7,69			

Para a característica altura nas progênes de meios irmãos, os três tipos de herdabilidade nas matrizes selecionadas foram mais altos que nas testemunhas, enquanto que no sentido amplo foram menores. Já para as características DAP e volume cilíndrico e para progênes de meios irmãos, os três tipos de herdabilidade apresentaram valores menores nas matrizes selecionadas em relação às testemunhas, enquanto que para progênes clonais foram mais altos nas matrizes selecionadas.

As diferenças de herdabilidade ao nível de plantas individuais entre matrizes selecionadas e testemunhas, no sentido restrito foram de 237,50%, -24,41% e -9,38%, respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico, enquanto que no sentido amplo, foram de 0,00%, 18,18% e 38,46% respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico. Para a herdabilidade ao nível de média de famílias em progênes de meios irmãos, as diferenças entre as matrizes selecionadas e as testemunhas foram de 86,11%, 1,43% e -2,78%, respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico. Para as progênes clonais as diferenças foram de -1,20%, 5,06% e 8,54%, respectivamente para altura, DAP e volume cilíndrico.

O uso da estimativa da variância dentro de parcelas (σ^2_d) para estimar a variância devida ao erro entre parcelas (σ^2_e), e desta para estimar a variância entre progênes (σ^2_p), tem consequências sobre a estimativa de herdabilidade. Somente após muitas estimativas pode-se ter valores mais confiáveis de herdabilidade para cada material genético e método de propagação.

4.3.3. Estimativa de ganho genético com seleção entre e dentro de progênes para as características altura, DAP e volume cilíndrico

As estimativas de ganhos genéticos com a seleção entre e dentro de progênes de meios irmãos e entre progênes clonais, para as características estudadas, aos 30 meses de idade, estão apresentadas na Tabela 25.

Em progênes de meios irmãos a seleção entre e dentro de progênes visa a transformação do teste em "pomar de sementes por mudas" com a eliminação de indivíduos e famílias inferiores. Neste caso o ganho genético estimado em porcentagem da média das progênes é para a propagação através de sementes.

Em progênes clonais, a seleção dentro de progênes não foi considerada uma vez que são plantas geneticamente iguais. O ganho genético com a seleção entre clones significa o ganho a ser obtido quando os melhores clones forem novamente propagados vegetativamente. Deve-se lembrar que o ganho genético esperado é expresso em porcentagem sobre a média do ensaio. A comparação do ganho esperado entre os métodos de propagação nos diferentes materiais genéticos não é válida sem considerar o efeito fisiológico das mudas nas respectivas médias.

Para o cálculo utilizou-se uma intensidade de seleção de 20% entre e 10% dentro de progênes de meios irmãos para todas as características. Para progênes clonais utilizou-se também 20% de seleção entre clones, embora seja possível aplicar maior intensidade de seleção, o que

Tabela 25. Estimativa de ganhos genéticos ($G_s\%$) em progênie de meios irmãos e em progênie clonais, para as características altura, DAP e volume cilíndrico

Características	Seleção	Progênie de meios irmãos		Progênie clonais	
		matrizes selecionadas	testemunhas	matrizes selecionadas	testemunhas
Altura	entre progênie	3,28	1,29	6,05	6,63
	dentro de progênie	4,07	1,13		
	entre e dentro	7,35	2,42		
DAP	entre progênie	4,39	4,35	8,92	8,11
	dentro de progênie	4,66	5,42		
	entre e dentro	9,05	9,78		
Vol.cil.	entre progênie	11,22	10,63	25,21	19,61
	dentro de progênie	13,60	13,79		
	entre e dentro	24,82	24,42		

Obs.: Para progênie de meios irmãos, a intensidade de seleção foi de 20% entre e 10% dentro de progênie. Para progênie clonais, a intensidade de seleção foi de 20% entre clones.

poderia proporcionar maiores ganhos. Portanto, para efeito de comparação entre progênes de meios irmãos e progênes clonais, o maior ou menor ganho foi em função da herdabilidade e do coeficiente de variação fenotípica. Os ganhos esperados foram obtidos aplicando-se a mesma intensidade de seleção, independentemente, para todas as características.

Para progênes de meios irmãos, a seleção dentro de progênes proporcionou maiores ganhos que a seleção entre progênes para todas as características. Este resultado está coerente com o que foi verificado por MORAES (1987). Somando-se os ganhos entre e dentro de progênes, o maior ganho foi verificado para a característica volume cilíndrico, seguido do DAP e altura. Esse resultado pode ser explicado pela maior herdabilidade obtida para o volume cilíndrico e pelo maior coeficiente de variação fenotípica.

Com relação ao material genético em progênes de meios irmãos verificou-se, para a característica altura, maior ganho nas matrizes selecionadas (7,35%), comparadas com as testemunhas (2,42%). Já para a característica DAP o ganho foi ligeiramente superior nas testemunhas (9,78% contra 9,05%), enquanto que para a característica volume cilíndrico os ganhos esperados foram semelhantes.

Para as progênes clonais, os maiores ganhos foram verificados também para volume cilíndrico seguido do DAP e altura. Com relação ao material genético em progênes clonais, os ganhos entre as matrizes selecionadas e testemunhas foram diferentes daqueles verificados em progênes de meios irmãos. Para a característica altura e DAP verificou-se valores de ganho esperado ligeiramente superiores para testemunhas, enquanto

que para volume cilíndrico o ganho foi maior para matrizes selecionadas. Esses resultados seguem as mesmas variações observadas nos coeficientes de herdabilidade.

Os ganhos genéticos para progênes de meios irmãos referem-se à propagação por semente, enquanto que para progênes clonais referem-se à propagação vegetativa. O menor ganho obtido para progênes de meios irmãos para seleção entre famílias pode ser compensado com a seleção dentro de famílias, o que não acontece em progênes clonais. Assim quando se faz seleção entre e dentro de progênes de meios irmãos, o ganho se torna próximo ao valor na seleção entre clones. Esses resultados foram obtidos quando se aplicaram as mesmas intensidades de seleção nos dois métodos de propagação. O aumento da intensidade na seleção entre clones poderá elevar ainda mais os ganhos, mas os riscos de infestação de pragas e doenças em plantações constituídas por um número limitado de clones também poderão aumentar. A propagação vegetativa proporciona um ganho rápido comparado à propagação sexuada através de seleção de melhores árvores, segundo ZOBEL *et alii* (1983), e a perspectiva mais atraente é o uso total dos efeitos dos genes não aditivos, o qual não é possível obter na propagação por sementes, conforme colocado por BURDON (1982).

Os resultados obtidos com a seleção dos melhores clones demonstram que num programa de propagação vegetativa por estaquia torna-se necessária a implantação de testes clonais, para se ter um ganho máximo. A simples seleção fenotípica das matrizes e a sua propagação por estaquia, produziu menor crescimento médio que a propagação por semente. Porém os

ganhos esperados após a seleção dos melhores clones pode ser maior na propagação vegetativa que na propagação por semente. Neste caso, é importante considerar o tempo envolvido para a obtenção de ganho, já que dependendo do método, pode se demandar mais ou menos tempo para a utilização do material melhorado. No caso de *Eucalyptus grandis* que é bastante precoce na frutificação, tanto a produção de sementes melhoradas em pomar de sementes por mudas, assim como a produção de estacas dos melhores clones levaria o mesmo tempo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados e discutidos neste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

- Nas análises individuais, foram detectadas variações genéticas entre progênies para as características Altura, DAP e volume cilíndrico, tanto entre progênies de meios irmãos como entre progênies clonais.
- As progênies de meios irmãos apresentaram melhor crescimento em relação às progênies clonais até 30 meses de idade, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas, com uma tendência para diminuição dessa diferença com o decorrer da idade.
- As matrizes selecionadas apresentaram maior crescimento em relação às testemunhas sem seleção, sendo esta diferença maior na propagação por estaquia.
- Nas análises conjuntas para métodos de propagação foram detectadas variações genéticas entre progênies para todas as características, tanto para matrizes selecionadas como para testemunhas. Os efeitos

do método de propagação foram expressivos, nas características avaliadas, assim como a interação progênes x métodos de propagação.

- Algumas matrizes apresentaram um melhor desenvolvimento quando propagadas por sementes, enquanto outras foram melhores quando propagadas por estaquia; ainda, algumas mostraram o mesmo comportamento em ambos os métodos de propagação, mostrando a necessidade de utilização de materiais específicos nos programas de melhoramento sexuado ou assexuado.
- Apesar de apresentar, em média, um desenvolvimento inferior à propagação por sementes, as estacas mostraram alguns clones excepcionais com crescimento inclusive superior a qualquer progênie de meios irmãos.
- Os clones apresentaram menores valores de variância dentro de progênes (σ^2_d) em relação às progênes de meios irmãos, enquanto para a variância entre progênes (σ^2_p) foram detectados menores valores em progênes de meios irmãos em comparação com as progênes clonais.
- As progênes clonais mostraram uma tendência de diminuição com a idade dos valores de coeficientes de variação dentro de parcelas, nas três características estudadas.
- Os coeficientes de herdabilidades foram, no geral, maiores no sentido amplo que no sentido restrito, tanto ao nível de plantas individuais como de médias de famílias. Os coeficientes de herdabilidade mostraram diferentes padrões de variação com a idade para cada característica estudada, método de propagação e material genético utilizado.

- Os ganhos genéticos estimados para a seleção entre progênies (intensidade de seleção de 20%) foram superiores nas progênies clonais em relação às progênies de polinização livre; esses ganhos foram compensados quando se acrescentou a seleção dentro de progênies (intensidade de seleção de 10%) no material propagado por semente.

LITERATURA CITADA

- ASSIS, T.F. *et alii*. Teste de Progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. *Silvicultura*, São Paulo 8(28):165-167, 1982a.
- ASSIS, T.F. *et alii*. Teste de Progênies de *Eucalyptus paniculata* SM. *Silvicultura*, São Paulo 8(28):160-161, 1982b.
- ASSIS, T.F. *et alii*. Ensaio de Progênies de *Eucalyptus cloesiana* F.Meull. *Silvicultura*, São Paulo 8(28):158-159, 1982c.
- BERTOLOTI, G. Comportamento genético e nutricional de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden em solo podzólico vermelho escuro e areia quartzosa álica em Lençóis Paulista, S.P., Piracicaba, 1986. 80p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. & FERREIRA, M. O melhoramento da madeira frente à produção de celulose e papel. *Boletim Informativo* IPEF, Piracicaba 6(19):95-115, 1978.

BURDON, R.D. Genetic correlation as a concept for studying genotype-environment interaction in forest tree breeding. *Silvae Genetica*, Frankfurt, 26(5/6):168-175, 1977.

BURDON, R.D. The role and optimal place of vegetative propagation in tree breeding strategies - In: IUFRO JOINT MEETING OF WORKING PARTIES ON GENETICS ABOUT BREEDING STRATEGIES INCLUDING MULTICLONAL VARIETIES. Escherode, *Proceedings* p.66-83, 1982.

BURDON, R.D. & SHELBOURNE, C.J.A. The use of vegetative propagules for obtaining genetic information. In: WORKSHOP ON VEGETATIVE PROPAGATION OF FOREST TREES. Rotorua, 1984. 9p.

BURLEY, J. *et alii*. Progeny test designs for *Pinus patula* in Rhodesia, *Silvae Genetica*, Frankfurt, 15:116-173, 1986.

CAMPINHOS JR. F. Produção de propágulos vegetativos (por enraizamento de estacas) de *Eucalyptus* spp em viveiro. Aracruz, 1982. 11p. (Separata).

CHAPERON, H. Influence of propagation by cuttings on the breeding strategy of forest trees: In: JOINT MEETING OF IUFRO WORKING PARTIES ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES. Mutare, Zimbabwe, 1984, 13p. (Separata).

CHAPERON, H. & QUILLET, G. Results of studies on the use of *Eucalyptus* cutting in Congo-Bragaville. In: JOINT IUFRO WORKSHOP, *Proceedings*, Brisbane, 1977. p.1040-59.

CHAVES, R.; KAGEYAMA, P.Y. & COUTO, H.T.Z. Estimativas de variação genética e da herdabilidade para florescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. e Colf. e em *Pinus oocarpa* Schiede. *IPEF*, Piracicaba (25):15-23, 1983.

COCHRAN, W.G. & COX, G.M. *Diseños experimentales* - 7^a ed. México, Editorial Trillas, 1983. 661p.

DITLEVISEN, B. Genetica cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales. In: FAO/DANIDA, MEJORA GENÉTICA DE LOS ARBORES FORESTALES. Roma, 1980. p.177-188.

ELDRIDGE, K.G. Genetic improvement of *Eucalyptus*. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON TREE BREEDING. vol. 2, Canberra, 1977. p.545-559.

FALCONER, D.S. *Introdução a genética quantitativa*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 279p.

FERREIRA, M. Uma Revolução: O melhoramento genético florestal - métodos sexuais ou assexuais? *Silvicultura*, São Paulo, 2(17):35-39, 1980.

FONSECA, S.M. Estimación e interpretação dos componentes de variação total em experimentos de melhoramento florestal. In: *Práticas Experimentais em Silvicultura*. Piracicaba, IPEF, 1979. p.H1-H20.

FONSECA, S.M. Variações Fenotípicas e Genéticas em Bracatinga *Mimosa scabrella* Benth. Piracicaba, 1982. 86p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

FRANKLIN, E.C. Use of quantitative genetics in planning multiple - trait breeding. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON TREE BREEDING. Vol. 2, Canberra, Australia, 1977. p.1149-1156.

FRAMPTON JR., L.J. Field performance of loblolly pine tissue culture plantlets. In: IUFRO CONFERENCE - A JOINT MEETING OF WORKING PARTIES ON BREEDING THEORY, PROGENY TESTING, SEED ORCHARDS. Virginia. *Proceedings*, 1986. p.547-553.

FAMPTON JR., L.J. & MACKEAND, S.E. Characterization of the root and shoot systems of young loblolly pine propagules. North Carolina Supplement to the 1987 annual progress report - Special Project on tissue culture. North Carolina State University, 1987. 47p.

HARAHAP, R.M.S. & SORIANEGARA, I. Heritability of some characters in teak (*Teatona grandis* L.F.). In: THIRD WORLD CONSULTATION ON TREE BREEDING. Vol. 2, Canberra, 1977. p.649-657.

HATTEMER, H.H. Estimates of heritability published in forest tree breeding research, In: FAO - WORLD CONSULTATION ON FOREST GENETICS AND TREE IMPROVEMENT. Vol. 1. *Proceedings*. Stockolmo, 1963. 16p.

HOWLAND, P. *et alii*. The study of clonal variation in *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. as a basis for selection and improvement. In: NIKLES, D.G.; BURLEY, J. & BARNES, R.D. Editor: *Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees*. Vol. 2. Univ.Oxford, 1978. p.898-904.

KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético de *Pinus* spp. *Boletim Informativo IPEF*. Piracicaba, 4(11):47-68, 1976.

KAGEYAMA, P.Y. *et alii*. Variação genética entre e dentro de progênes de *Pinus patula* Schied e Deppe na região de Telêmaco Borba, Pr. IPEF, Piracicaba (15):21-39, 1977.

KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, 1980a. 125p. (Doutorado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento genético de pinheiros tropicais no Brasil. *Circular Técnica do IPEF*. Piracicaba (111):1-17, 1980b.

KAGEYAMA, P.Y. Endogamia em espécies florestais. *Série Técnica IPEF*. Piracicaba, 2(8), 1981. 40p.

KAGEYAMA, P.Y. *et alii*. Variação genética para densidade da madeira em progênes de *Eucalyptus grandis*. *Silvicultura*, São Paulo 8(28):318-324, 1982.

KAGEYAMA, P.Y. & VENCovsky, R. Variação genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. *IPEF*, Piracicaba (24): 9-26, 1983.

KAGEYAMA, P.Y. Seleção precoce a diferentes idades em progênes de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, 1983. 147p. (Livre Docência, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

KEDHARNATH, S. & VAKSHAYA, R.K. Estimates of components of variance, heritability and correlations among some growth parameters in *Eucalyptus tereticornis*. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON TREE BREEDING. Vol.2, Camberra, 1977. p.1667-1676.

KREJCI, L.C.; MARTINS, L.G.C. & LOURENÇO, P.Y. Desenvolvimento do sistema radicular de *Eucalyptus* spp sob diferentes condições do solo. III Encontro Técnico COPENER, Salvador, 1986, 24p.

LONGMAM, K.A. Conservation and utilization of gene resources by vegetative multiplication of tropical trees. In: BURLEY, J. & STYLES, B.T. Editor: *Tropical Trees - Variation, Breeding and Conservation*. London. Academic Press, 1976. p.19-24.

MACKEAND, S.E. & WEIR, R.J. Tissue culture and forest productivity. *Journal of Forestry*. 82(4):212-218, 1984.

MORA, A.L. Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus* spp no norte do Estado da Bahia. Piracicaba, 1986, 101p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MORAES, M.L.T. Variação Genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento. Piracicaba, 1987, 115p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MORI, E.S. Efeitos da competição intra-específica na seleção de árvores superiores de *Eucalyptus saligna* Smith. Piracicaba, 1987, 79p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MUNISWANI, K.P. Population improvement and hibridization - Teak. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON TREE BREEDING, Vol.2. Camberra, 1977. p.507.

NAMKOONG, G. Challenging tree breeding theory. In: IUFRO JOINT MEETING OF WORKING PARTIES ON GENETICS ABOUT BREEDING STRATEGIES INCLUDING MULTICLONAL VARIETIES: Escherode. *Proceedings*, 1982. p.155-161.

NAMKOONG, G. Imbreeding, hybridization and conservation in provenances of tropical trees. In: JOINT MEETING OF IUFRO WORKING PARTIES ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES. Mutare, 1984. 7p. (Separata).

NOH, E.R. Heritability of some characters in *Pinus densiflora* S. et Z. In: JOINT SYMPOSIA FOR FOREST TREE BREEDING OF GENETICS SUBJECT GROUP, IUFRO AND SECTION 5, FOREST TREES. Tokyo. *Proceedings*, 1972. A.7(V): 1-3.

PATERNIANI, E. Genética e melhoramento das plantas. In: PAVAN, C. & CUNHA, A.B.da. *Elementos de genética*, 2ª edição, São Paulo, Ed. Nacional, 1966. p.549-86.

- PATINO-VALERA, F. Variação genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento. Piracicaba, 1986, 211p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental, 11ª edição. Piracicaba. Livraria Nobel, 1985, 430p.
- PIRES, I.E. Variabilidade genética em progênes de uma população de algaroba *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C. da região de Soledade - Paraíba. Piracicaba, 1984. 94p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PINTO JR. Variabilidade genética em progênes de uma população de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da Ilha de Flores - Indonésia. Piracicaba, 1984. 166p. (Mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- QUIJADA, R.M. Selección de árboles forestales. In: FAO - *Mejora genética de los árboles forestales*. Roma, 1980a. p.169-176.
- QUIJADA, R.M. Métodos de propagación vegetativa. In: FAO - *Mejora genética de los árboles forestales*. Roma, 1980b. p.169-176.
- QUIJADA, R.M. Ensaio de progênes. In: FAO - *Mejora genética de los árboles forestales*. Roma, 1980c. p.224-230.

- RAUTER, R.M. Recent advances in vegetative propagation including biological and economic consideration and future potencial. In: IUFRO. JOINT MEETING OF WORKING PARTIES ON GENETICS ABOUT BREEDING STRATEGIES INCLUDING MULTICLONAL VARIETIES. Escherode. *Proceedings*, 1982. p.33-57.
- ROBINSON, H.F. & COCKERHAM, C.C. Estimación y significado de los parámetros genéticos. *Fitotecnia Latinoamericana*. Caracas, 2(1-2):23-38. 1965.
- ROULAND, H. Evaluation of some important characteristics in clones families and populations: a comparative study. Rotorua, 1973. 17p.
- SAKAI, K.I. & HATAKAYAMA, S. Estimation of genetic parameters in forest tree without raising progeny. *Silvae Genetica*. 12(5):152-157, 1963.
- SAKAI, K. & MUKAIDE, H. Estimation of genetic, environmental, and competition variances in standing forests. *Silvae Genetica*, Frankfurt 16(5/6):149-52, 1966.
- SHELBOURNE, C.J.A. Predicted genetic improvement from different breeding methods. In: SECOND WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING. Washington, 1969, p.1014-1029.
- SHELBOURNE, C.J.A. & STONECYPHER, R.W. The inheritance of bole straightness in young loblolly pine. *Silvae Genetica* Frankfurt, 20:151-156, 1971.

SQUILLACE, A.E. *et alii*. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in western white pine. *Silvae Genetica*, Frankfurt. 16(1):1-6, 1967.

THULIN, I.J. Breeding of *Pinus radiata* through seed improvement and clonal afforestation. In: SECOND WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING. Washington, 1969. p.1109-1117.

TODA, R. Mass selection and heritability studies in forest tree breeding. In: FAO - PROCEEDINGS OF THE WORLD CONSULTATION OF FOREST GENETICS AND TREE IMPROVEMENT. Stockholm. v.1, section 2 a /2.11p.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. (coord): *Melhoramento e Genética*, São Paulo - Ed. Melhoramentos, 1969. p.17-37.

VENCOVSKY, R. *Princípios de Genética Quantitativa*. Publicação didática nº 16. Dep. de Genética, ESALQ/USP. Piracicaba, 1977. 96p.

VENCOVSKY, R. Herança Quantitativa. In: PATERNIANI, E. (coord): *Melhoramento e Produção de milho no Brasil*. Piracicaba, Fundação Cargill, 1978. p.122-201.

WRIGTH, J.W. *Mejoramiento genetico de los arbores forestales*. Roma. FAO 1984. 436p.

ZOBEL, B.J. *et alii*. Selecting and breeding for desirable wood. *Tappi Journal*. Atlanta, 66(1):70-3, 1983.

ZOBEL, B.J. & TALBERT, J. *Applied Forest Tree Improvement*. New York, John Wiley & Sons, 1984. 505p.