

1871A
ANDRÉ BARRETTO PEREIRA



**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE EM FAMÍLIAS DE MEIOS
IRMÃOS DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO
DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Magno Antônio Patto Ramalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1996**

1954

1954

1954

1954

1954

1954

1954

1954

41100

ANDRÉ BARRETTO PEREIRA



**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE EM FAMÍLIAS DE MEIOS
IRMÃOS DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO
DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Magno Antônio Patto Ramalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1996**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Pereira, André Barretto

Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., na região Noroeste do Estado de Minas Gerais / André Barretto Pereira. -- Lavras: UFLA, 1996.

68 p. : il.

Orientador: Magno Antônio Patto Ramalho.
Dissertação (Mestrado) - UFLA;
Bibliografia.

1. Eucalipto - Interação genótipo x ambiente. 2. Seleção precoce. 3. Análise estatística. 4. Parâmetro genético. 5. Meio irmão. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

ANDRÉ BARRETTO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO PRECOCE EM FAMÍLIAS DE MEIOS
IRMÃOS DE *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO
DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

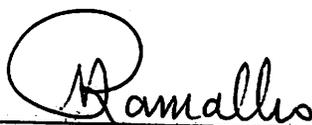
APROVADA em 16 de fevereiro de 1996



Pesq. M.Sc. Peter Althoff



Pesq. M.Sc. Marcos Deon Vilela de Resende



**Prof. Dr. Magno Antônio Patto Ramalho
(Orientador)**

Aos meus pais, Clóvis e Márcia, que com seu carinho e amor sempre estiveram ao meu lado, me apoiando em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos Márcio e Suzana.

A minhas avós, Santa e Alice, pelo exemplo de vida.

Aos meus sogros, Abel e Júlia.

À minha esposa Júlia, pela paciência, apoio, compreensão, carinho e dedicação.

Aos amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as graças que temos alcançado.

À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, pela oportunidade da realização deste estudo.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

À MANNESMANN Fi-EI FLORESTAL LTDA., pelo material cedido para realização deste trabalho.

Ao professor Magno Antônio Patto Ramalho, pela orientação, disponibilidade e ensinamentos transmitidos durante a realização deste trabalho.

Ao colega Oswaldo Gomes Marques Júnior, pelo apoio, estímulo, disponibilidade, sugestões e críticas apresentadas que contribuíram para o êxito deste trabalho, e a sua esposa Cristian, pela amizade e compreensão.

Aos pesquisadores Helder Bolognani Andrade e Peter Altoff, pelas valiosas informações e apoio na realização deste trabalho.

Ao pesquisador Marcos Deon Vilela de Rezende, pela revisão crítica e objetiva, que foram de grande contribuição para melhoria da qualidade deste trabalho.

Aos professores do curso de genética, César Brasil Pinto, João Bosco dos Santos e Samuel Pereira de Carvalho pelo convívio e colaboração durante o curso.

Ao professor Antônio Nazareno Guimarães Mendes, exemplo profissional, amizade, ensinamentos e disponibilidade, meu muito obrigado.

Aos colegas Pedro e Ângela, pela revisão do texto e sugestões apresentadas.

Ao Núcleo de Estudos de Genética (GEN) pelo apoio e pelos eventos realizados, que contribuíram na minha formação.

A todos os colegas de curso de Genética, em especial ao Maurício, Joelson, Claudia e Farias, pelo convívio, amizade e companheirismo.

Aos amigos Deny e Sandra, Cleber e Lília, Gilson e Vera, Cláudio e Andréa, Maurício e Luzia, Leonardo e Elisângela, Mônica e Renato pelo convívio e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Biologia pela colaboração.

Aos Funcionários da Biblioteca da UFLA, pelo atendimento e correção das referências bibliográficas.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram, de algum modo, para o êxito deste trabalho.

BIOGRAFIA

André Barretto Pereira, filho de Clovis Peixoto Pereira e Márcia Maria Barretto Pereira, nasceu em Salvador, Estado da Bahia, aos 15 de abril de 1965.

Em janeiro de 1987, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas-Ba.

Em julho de 1987 começou a trabalhar na Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC, onde no período de julho de 1987 à dezembro de 1992 exerceu a função de extensionista rural, e a partir de janeiro de 1992 exerce a função de pesquisador da Seção de Genética do Centro de Pesquisas do Cacau - CEPEC.

Em março de 1994, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Genética e Melhoramento de Plantas, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, concluindo-o em fevereiro de 1996.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.: origem e principais características.....	2
2.2 Seleção recorrente no melhoramento genético do <i>Eucalyptus</i>	5
2.3 Interação genótipo x ambiente.....	7
2.4 Fatores que afetam a eficiência da seleção.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais.....	16
3.2 Material genético.....	17
3.3 Instalação e condução do experimento.....	20
3.4 Dados coletados.....	20
3.5 Análises estatísticas.....	20
3.5.1 Análise de variância para cada local (q) em cada idade (j).....	21
3.5.2 Análise de variância conjunta para locais em cada idade.....	22
3.5.3 Análise de variância conjunta envolvendo locais e idades.....	23
3.5.4 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos.....	26
3.5.5 Eficiência da seleção precoce.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
APÊNDICE.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Estimativas das correlações juvenil-adulta relatados na literatura.....	15
2	Características dos locais dos ensaios de famílias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ..	16
3	Precipitação pluviométrica e número de dias com chuva, observados no município de Presidente Olegário - MG, no período de 1988 a 1994.....	17
4	Precipitação pluviométrica e número de dias com chuva, observados no município de Brasilândia (MG), no período de 1988 a 1994.....	18
5	Resultado das análises físico/química dos solos dos locais de instalação dos experimentos.....	19
6	Localização geográfica e número de famílias por procedência de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> avaliadas no experimento.....	19
7	Esquema da análise de variância em cada local e em cada idade.....	21
8	Esquema da análise de variância conjunta dos locais, em cada idade, ao nível de indivíduos.....	23
9	Esquema da análise de variância envolvendo locais e idades, ao nível de indivíduos.....	25
10	Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos para cada idade em cada local.....	27
11	Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos das análises conjuntas dos locais para cada idade.....	28
12	Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos envolvendo todos os locais e idades das árvores.....	29

Tabela	Página
13 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, por local, em cada idade, ao nível de indivíduo para DAP (cm), obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, M.G.	34
14 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, por local, em cada idade, ao nível de indivíduo para altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, M.G.	35
15 Resumo das análises conjuntas, envolvendo os locais, para DAP (cm) e altura (m) em cada idade de avaliação, obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	42
16 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir da análise conjunta dos locais, em cada idade, ao nível de indivíduo para DAP (cm) e altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	43
17 Resumo das análises de variância, para DAP (cm) e altura (m) obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , em ambos os locais, abrangendo todas as idades.....	45
18 Resumo das análises de variância das idades duas a duas, para DAP (cm), obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> em ambos os locais.....	46
19 Resumo das análises de variância das idades duas a duas, para altura (m), obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , em ambos os locais.....	47
20 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das análises de variância das idades duas a duas e decomposição do componente de variância da interação, para DAP (cm), obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	48
21 Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das análises de variância das idades duas a duas e decomposição do componente de variância da interação, para altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	48
22 Estimativas dos ganhos esperados com a seleção aos 80 meses e a resposta correlacionada com a seleção para DAP (cm) e altura (m), entre famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , na média dos locais.....	52

Tabela		Página
23	Média das 40 melhores famílias nas diferentes idades e a estimativa de P proposta por Fasoulas (1983).....	53
24	Estimativa da eficiência da seleção precoce em porcentagem obtidas utilizando a expressão de Hamblin e Zimmermann (1986), para DAP (cm) e altura (m), considerando todas as famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , avaliadas na média dos locais.....	54
25	Estimativas da média (cm), do coeficiente de regressão linear (b) e do coeficiente de determinação (R^2) entre DAP e as diferentes idades. Dados obtidos na avaliação de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , na média dos locais.....	55
26	Estimativas da média (m), do coeficiente de regressão linear (b) e do coeficiente de determinação (R^2) entre altura e as diferentes idades. Dados obtidos na avaliação de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , na média dos locais.....	56
27	Estimativa dos ganhos genéticos total esperados com a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> na média dos locais para DAP (cm) e altura (m), em cada idade.....	57
28	Estimativas da correlação genética entre DAP e altura nas diferentes idades.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) das famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , obtidas em experimento conduzido em Presidente Olegário nas idades de 17 (A), 31 (B), 43 (C) e 80 meses (D).....	36
2	Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) das famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , obtidas em experimento conduzido em Brasilândia nas idades de 17 (E), 31 (F), 43 (G) e 80 meses (H).....	37
3	Distribuição de frequência das médias das alturas (m) das famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , obtidas em experimento conduzido em Presidente Olegário nas idades de 17 (I), 31 (J), 43 (K) e 80 meses (L).....	38
4	Distribuição de frequência das médias das alturas (m) das famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , obtidas em experimento conduzido em Brasilândia nas idades de 17 (M), 31 (N), 43 (O) e 80 meses (P).....	39
5	Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) e das alturas (m) das famílias de meios irmãos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , obtidas da análise conjunta dos experimentos aos 80 meses de idade.....	44

RESUMO

PEREIRA, André Barretto. **Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., na região Noroeste do Estado de Minas Gerais.** Lavras: UFLA, 1996. 68p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

Com o objetivo de estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos, verificar o efeito da interação família x local e avaliar a eficiência da seleção precoce, foram avaliadas 115 famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. Os experimentos foram instalados em dois locais na região Noroeste do estado de Minas Gerais, nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, em dezembro de 1988, com oito repetições e seis plantas por parcela. Foram obtidos os dados do diâmetro a altura do peito (DAP) e altura aos 17, 31, 43, 80 meses. Obtiveram-se para ambas as características, as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos por local em cada idade, na análise conjunta dos locais em cada idade e na análise conjunta dos locais subdividida no tempo. Foi constatada variação genética entre e dentro das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* que permitem antever o sucesso com a seleção de materiais mais adaptados a região Noroeste do Estado de Minas Gerais. Tanto a interação família x locais quanto as interações família x idade foram de pequena magnitude e predominantemente devido a parte simples, isto é, ocorreu alta correlação genética entre o desempenho médio das famílias nos ambientes considerados. Todas as metodologias utilizadas para verificar a eficiência da seleção precoce, mostraram que ela foi eficaz. Assim a seleção pode ser efetuada na região Noroeste de Minas Gerais aos 17 meses de idade, o que contribuiria para reduzir a duração dos ciclos seletivos, contribuindo assim para aumentar o ganho médio anual com a seleção.

* Orientador: Magno Antônio Patto Ramalho. Membros da Banca: Peter Althoff e Marcos Deon Vilela de Resende.

SUMMARY

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF EARLY SELECTION IN HALF-SIB FAMILIES OF *Eucalyptus camaldulensis* Denhn. IN THE NORTHWEST REGION OF THE STATE OF MINAS GERAIS, BRAZIL.

The objectives of this study were to estimate genetic and phenotypic parameters, verify the effect of the family x site interaction and evaluate the efficiency of early selection among 115 half-sib families of *Eucalyptus camaldulensis*. The experiments were set up in two sites in the Northwest region of the State of Minas Gerais, Brazil, in December, 1988, consisting of eight replications and six plants per plot. Diameter at chest height and plant height at 17, 31, 43 and 80 months of age were evaluated. Parameters were estimated for each site and each age, in a joint analysis of sites within each age and in a joint analysis of sites split in time. Genetic variability among and within the half-sib families of *Eucalyptus camaldulensis* was found, which allows to foresee success with selection of materials most suitable for the Northwest region of the State of Minas Gerais. Both family x site and family x age interactions were of low magnitude and owing most to the simple part of the interaction component. This means that high genetic correlation occurred between the average performance of the families in the environments considered. All the methodologies used to verify the efficacy of early selection showed effectiveness. Thus, selection can be undertaken in the Northwest region of Minas Gerais at 17 months-old plants which would add to lower the length of the selective cycles and to increase the annual average gain with selection.

1 INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais tem como uma das principais atividades econômicas a indústria siderúrgica. Para suprir as necessidades de madeira visando a produção de carvão vegetal e sobretudo atender uma lei governamental que exige das indústrias a redução no uso de carvão oriundo de matas nativas, as empresas iniciaram na década de setenta um processo ativo de reflorestamento com espécies do gênero *Eucalyptus*.

A concentração destes reflorestamentos ocorreu principalmente em áreas marginais, especialmente no Norte e Noroeste de Minas Gerais, devido ao baixo valor das terras. Contudo, essas regiões apresentavam problemas de fertilidade, que associado a deficiência hídrica e ao uso de material genético não apropriado, tornou-se um sério empecilho para a obtenção de produtividade de madeira economicamente viável.

Para atenuar esses problemas, as empresas reflorestadoras investiram em pesquisa, especialmente no manejo da fertilidade do solo e em melhoramento genético. Neste último aspecto, foram efetuadas inúmeras introduções de espécies e procedências, principalmente da Austrália. Na avaliação destes materiais, um dos destaques foi algumas procedências de *Eucalyptus camaldulensis* (Andrade, 1991; Almeida, 1993). Dada a diferenças edafoclimáticas existentes na região, foram instalados experimentos de avaliação de famílias das melhores procedências de *E. camaldulensis*, em alguns locais representativos da região.

Um dos maiores entraves no melhoramento de essências florestais é o número de anos para se completar um ciclo seletivo. Para o *Eucalyptus* no Brasil, apesar desse tempo ser bem inferior ao que é necessário em regiões de clima temperado, ainda é alto, precisando-se cerca de 10 anos (Marques Jr., 1995). A principal alternativa para reduzir esse tempo é através da seleção precoce. A eficiência dessa seleção precoce tem sido constatada em várias oportunidades (Magnussen, 1988; Blake, Bevilacqua e Barbosa, 1990; Borralho, 1991; Vargas-Hernandez e

Adams, 1992; Rehfeldt, 1992; Rezende, Bertolucci e Ramalho, 1994). Contudo, esses trabalhos foram conduzidos em condições climáticas mais favoráveis do que as normalmente existentes no Noroeste do Estado de Minas Gerais.

Dessa forma, a partir dos dados obtidos nos experimentos de avaliação de famílias de meios irmãos de *E. camaldulensis*, foi conduzido o presente trabalho para verificar a existência de variabilidade genética entre e dentro de famílias, a ocorrência de interação família x ambiente e suas implicações na seleção, e também verificar a viabilidade da seleção precoce, na referida região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.: origem e principais características

O gênero *Eucalyptus* compreende mais de 500 espécies e entre elas o *Eucalyptus camaldulensis*. Essa espécie foi descrita em 1932 pelo alemão Frederick Dehnhardt, que deu essa denominação em homenagem ao distrito de Camalduli, situado próximo a cidade de Nápoles na Itália onde árvores desta espécie eram cultivadas (Hall, 1978).

O *E. camaldulensis* é originário da Austrália, sendo a espécie dentro do gênero *Eucalyptus* de mais ampla distribuição geográfica neste continente, ocorrendo em praticamente todo o território australiano, onde são encontrados geralmente ao longo de córregos e rios, muitos deles temporários nas regiões áridas e semi-áridas (Golfari, 1975). Suas características principais são: tolerância a inundações temporárias e ao mesmo tempo resistência a temperaturas elevadas e períodos secos prolongados (Golfari, Caser e Moura, 1978). Dessa forma, essa espécie é encontrada entre as latitudes de 11° a 39° S e a altitudes de 30 a 600 m, crescendo sob várias condições climáticas, desde regiões muito quentes, sub úmida à semi-árida, com temperaturas máximas podendo atingir 40° C e mínima até 3° C e precipitação anual desde 150 a 1.250 mm (Boland et. al., 1984).

Com relação aos solos, a espécie desenvolve-se em solos aluviais, úmidos ou secos arenosos, subsolo argilo-arenoso, resistindo ao salitre e inundações periódicas ou encharcamentos longos (4 a 5 meses). Desenvolve-se bem em solos ricos em cálcio, na presença de sais solúveis, matéria orgânica e adaptando-se a solos argilosos.(Lama Gutierrez, 1976).

Ela foi uma das primeiras espécies a serem plantadas fora do continente australiano. Já no ano de 1867 ocorreram os primeiros plantios no Paquistão, Uruguai e Argentina, em 1870 na

Itália, em 1884 na Turquia e Israel. Em alguns países africanos somente ao final do século XIX (FAO, 1981).

No Brasil a espécie foi introduzida inicialmente no Estado de São Paulo, no início deste século, onde era denominada de *Eucalyptus rostrato* (Andrade, 1939). Posteriormente, devido a sua ampla plasticidade, ela se disseminou para quase todo o país sendo cultivada desde a região Sul até o Nordeste e Amazônia. É considerada desde sua introdução como uma espécie de grande futuro, especialmente para as regiões de cerrado e da caatinga (Golfari, Caser e Moura, 1978).

Devido a sua ampla adaptação e sobretudo a sua origem em regiões áridas da Austrália, foi estimulada a sua implantação em áreas de reflorestamento no Noroeste do Estado de Minas Gerais, região que se caracteriza por temperaturas elevadas e pequena precipitação, aliadas a uma péssima distribuição de chuva. Essa previsão de boa adaptação a essa região foi confirmada em testes de espécies e procedências conduzidos pela Mannesmann Fi-El Florestal Ltda. (Andrade, 1991). Esses testes começaram em 1986, onde foram avaliadas 112 procedências de 13 espécies. Estas avaliações foram efetuadas aos 29 meses de idade das árvores, e as procedências de *E. camadulensis* foram a que apresentaram maior volume madeira com destaque para as procedências Top Cattle Creek, Kennedy River, Eccles Creek e Walsh River (Andrade, 1991). Esses resultados foram confirmados nas avaliações realizadas posteriormente aos 35 meses de idade por Almeida (1993), na mesma região.

O *E. camadulensis* possui um porte ereto. Ele é geralmente encontrado com alturas em torno de 20 metros, excedendo as vezes os 45 metros, enquanto que o seu diâmetro varia em torno de 1 à 2 metros, chegando a alcançar até os 4 metros. Ele apresenta uma copa densa e um crescimento muito rápido (Lama Gutierrez, 1976).

A casca é geralmente aderida na base do tronco numa escala irregular de coloração de cinza variando do branco ao camurça, com manchas cinza e avermelhadas. São ligeiramente lisas, soltando-se em forma de tiras ou lascas irregulares.

As suas folhas, quando ainda plântulas, são opostas em torno de 4 a 6 pares sendo alternadas, pecioladas, largo-lanceoladas, elípticas ou ovóides, com 7,5-15 x 2,5-7 cm, de coloração verde à verde acinzentado, ou azulado. Numa fase intermediária as folhas são alternadas, pecioladas, largo-lanceoladas para lanceoladas, ou pouco lanceoladas, com 10-30 x 2-6 cm, de coloração verde ou esverdeado. Na fase adulta as folhas são alternadas, pecioladas,

lanceoladas ou pouco lanceoladas, com 8-30 x 0,7-2,5 cm, de coloração verde à esverdeado (Boland et. al., 1984).

Sua madeira tem coloração avermelhada com uma textura fina e entrelaçada, com veio ondulado, densidade entre média a alta, sendo muito durável e resistente a cupim, usada para fabricação de celulose em Israel, Itália, Espanha e Marrocos (Golfari, 1975; Golfari, Caser e Moura, 1978). Aptas também para o uso na produção de óleos essenciais, como excelente madeira de fogo e utilizada na fabricação de carvão, como estacas, postes e vigas para a construção civil, dormentes de estrada de ferro, serraria, produção de chapas de fibra e aglomerados (Golfari, 1975; Lama Gutierrez, 1976; Golfari, Caser e Moura, 1978).

2.2 Seleção recorrente no melhoramento genético do *Eucalyptus*

A maioria dos caracteres de importância econômica são controlados por inúmeros genes. O desafio dos melhoristas está em aumentar a frequência dos alelos favoráveis de todos esses genes e conseqüentemente melhorar a expressão do caráter. A dificuldade está em que quanto maior o número de genes, menor a probabilidade de se poder manusear todos eles. Essa dificuldade, aliada ao efeito do ambiente na expressão desses caracteres, impossibilita que o melhoramento seja efetuado em uma única etapa (Hallauer, 1992; Ramalho, 1994). Em função desse fato, a frequência dos alelos favoráveis só pode ser incrementada gradativamente através de ciclos seletivos sucessivos - seleção recorrente.

Existem vários métodos de seleção recorrente que podem, entretanto, ser divididos em dois grupos: a seleção recorrente intrapopulacional e interpopulacional. Neste último, o melhoramento de uma população é realizado visando a melhoria de sua combinação com uma outra população. Já o melhoramento intrapopulacional é o mais utilizado e consiste no melhoramento da população "per se" (Hallauer e Miranda Filho, 1983). A seleção recorrente ainda pode ser realizada ao nível de indivíduo, também denominada de seleção fenotípica ou massal, e ao nível de famílias. Com relação a essa última, pode-se empregar famílias endógamas S_1 , S_2 , etc., ou não endógamas, famílias de meios irmãos ou irmãos germanos.

Todos os métodos de seleção recorrente exceto a seleção massal, incluem três etapas distintas: a) obtenção; b) avaliação; e c) recombinação das famílias selecionadas para formar a população do ciclo seguinte de seleção (Paterniani e Miranda Filho, 1987; Hallauer, 1992).

A seleção fenotípica é muito utilizada em essências florestais, recebendo uma denominação diferente. A seleção é efetuada em áreas isoladas que recebem a denominação de Área de Produção de Sementes (APS), como o próprio nome indica, é uma área onde serão produzidas as sementes dos próximos plantios. Nessas áreas é realizada a seleção fenotípica dos indivíduos, efetuando-se assim uma seleção massal para ambos os sexos.

Com relação a seleção recorrente utilizando famílias, a mais empregada no melhoramento do *Eucalyptus* tem sido a de meios irmãos (Kageyama, 1980; Patiño-Valera, 1986; Silva, 1990; Castro, 1992; Marques Jr., 1995). As famílias de meios irmãos são formadas a partir da coleta de sementes das plantas identificadas como superiores, oriundas de plantios comerciais, pomares de semente ou de ensaios de avaliação, que foram polinizadas livremente sem nenhum controle com relação ao pólen que a originou. Desse modo conhece-se apenas a mãe, e portanto as sementes advindas dessas árvores são denominadas de meios irmãos pois possuem apenas a mãe em comum. O processo de seleção intrapopulacional com famílias de meios irmãos em *Eucalyptus* é muito semelhante ao utilizado em outras plantas alógamas, principalmente o milho (Paterniani e Miranda Filho, 1987). Contudo, no caso do *Eucalyptus* há maiores alternativas no que se refere ao modo de condução da etapa de recombinação.

No método sem sementes remanescentes a recombinação é realizada no próprio ensaio em que o material foi avaliado. Por se tratar de uma planta perene a seleção pode ser efetuada tanto do lado masculino como do feminino, pois todas as plantas inferiores são eliminadas antes da polinização. O maior entrave desse procedimento no *Eucalyptus* é que se for avaliado um grande número de famílias e efetuada uma forte intensidade de seleção, poderá haver problema na recombinação, devido a formação de grandes clareiras entre os indivíduos que ficaram. Uma alternativa para isso, quando a espécie possui fácil propagação vegetativa, é compor o lote de recombinação, via propagação assexuada, podendo assim distribuir os indivíduos selecionados de forma tal, que todas as plantas possuam igual probabilidade de serem polinizadas pelas demais (Ramalho, 1993).

Por outro lado, no método com sementes remanescentes, parte das sementes de meios irmãos são armazenadas e o restante vai para a avaliação. Após a identificação das famílias

superiores, tomam-se as sementes remanescentes destas e forma-se o lote de recombinação (Paterniani e Miranda Filho, 1987). Como se constata, em se tratando do *Eucalyptus*, não há grande diferença em termos do ganho esperado pelo fato de se usar ou não sementes remanescentes, quando o número de plantas por família é alto (> 30), pois, em ambos os casos, explora-se toda a variância genética disponível entre as famílias.

2.3 Interação genótipo x ambiente

Quando avalia-se um material em um único local o fenótipo é o resultado da ação do genótipo sob influência do ambiente daquele local. Contudo, quando a avaliação envolve uma série de ambientes, detecta-se além dos efeitos genéticos (G) e ambientais (A), uma causa de variação adicional, proporcionada pela interação do genótipo com o ambiente (GA) (Cruz e Regazzi, 1994). Essa última causa ocorre porque o comportamento dos vários genótipos não são coincidentes nos diferentes ambientes (Kageyama, 1980; Matheson e Raymond, 1984).

Existem alguns caracteres que não sofrem grandes alterações com as variações ambientais, porém, no setor florestal geralmente a maioria dos caracteres que apresentam interesse econômico são quantitativos e, portanto, alterações no ambiente são suficientes para provocar modificações fenotípicas significativas, como seria o caso na produção de madeira, na altura, e no diâmetro (Patiño-Valera, 1986).

Deve ser enfatizado que a ocorrência de interação genótipo por ambiente, na análise em um só ambiente, entre outras causas, superestima os componentes da variância genética e pode contribuir para reduzir a eficiência da predição do ganho genético esperado com a seleção (Eberhart e Russel, 1966; Zobel e Talbert, 1984; Mori, Lello e Kageyama, 1986; Torggler, 1987; Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993). Assim é que Kageyama (1980), verificou para altura das árvores, em cinco locais do Estado de São Paulo, que a herdabilidade ao nível de plantas, variou de 11% a 39%, porém, quando se isolou a interação genótipo x locais, essa passou para 10%, evidenciando que haveria uma redução expressiva do ganho observado em relação ao esperado, se a estimativa tivesse sido obtida em apenas um dos locais e os resultados extrapolados para os

demais. Resultado semelhante foi relatado por Carvalho (1989) trabalhando com *Eucalyptus grandis* e Santos, Mori e Moraes (1992) com *Eucalyptus urophylla*.

A interação pode ser decomposta em duas partes. A primeira ocorre quando há diferença na performance dos genótipos em ambientes distintos, porém sem ocasionar alteração na classificação dos mesmos. Este tipo de interação não é prejudicial ao trabalho do melhorista, pois os mesmos genótipos podem ser recomendados para os diferentes ambientes, sendo denominada de interação simples. Um outro tipo é conhecido como interação complexa onde é verificado uma inversão de comportamento entre os genótipos estudados, ou seja, o genótipo apresenta um desempenho inferior em um ambiente e superior em outro. Este segundo tipo deve ser visto com uma maior atenção pelos melhoristas, já que, a identificação de um único material com desempenho superior nos diferentes ambientes poderá ser difícil. Considerando que o *Eucalyptus* é normalmente plantado em grandes propriedades rurais, abrangendo assim extensas áreas, é uma das poucas espécies em que é possível identificar um material específico para cada propriedade. Assim procedendo, mesmo a parte complexa da interação poderá ser capitalizada no progresso genético com a seleção.

A contribuição relativa de cada um desses tipos de interação pode ser obtida pela expressão apresentada por Vencovsky (1987), ou seja:

$$\sigma_{pl_{qq'}}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{Pq} - \sigma_{Pq'})^2 + \sigma_{Pq} \sigma_{Pq'} (1 - r_{G_{qq'}})$$

onde:

$\hat{\sigma}_{pl_{qq'}}^2$ variância da interação de famílias x locais, considerando os locais q e q';

σ_{Pq} e $\sigma_{Pq'}$ são os desvios padrões entre famílias para o caráter avaliado nos locais q e q',

respectivamente;

$r_{G_{qq'}}$ é o coeficiente de correlação genética entre as performances das famílias nos dois ambientes.

Sendo: $r_{G_{qq'}} = \frac{COV_{qq'}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{Pq}^2 \hat{\sigma}_{Pq'}^2}}$, onde: $COV_{qq'}$ é a covariância genética obtida a partir das médias

das famílias nos locais q e q'.

Verifica-se que a primeira parte dessa expressão $[\frac{1}{2}(\sigma_{p_q} - \sigma_{p_{q'}})^2]$, corresponde a contribuição da fração simples da interação e ocorre devido a diferença na manifestação genética dos materiais nos dois ambientes. A segunda parte corresponde a fração complexa, e como se observa será tanto maior quanto menor for a correlação genética do desempenho médio das famílias nos dois ambientes.

Quando estão envolvidos “q” ambientes, pode-se estimar a interação de $q(q-1)/2$ pares de ambientes, conforme expresso pela fórmula:(Ramalho, Santos e Zimmermann, 1993)

$$\sigma_{pl_{qq'}} = \sum_{q>q'} \left[(\sigma_{p_q} - \sigma_{p_{q'}})^2 + 2\sigma_{p_q} \sigma_{p_{q'}} (1 - r_{G_{qq'}}) \right] / q(q-1) .$$

Tem-se verificado que em algumas situações, isto é, quando $r_{G_{qq'}} > 0,8$ este procedimento de decomposição da interação subestima a parte simples e consequentemente superestima a parte complexa. Procurando minimizar estes efeitos Cruz e Castoldi (1991) sugeriram uma fórmula alternativa, ou seja:

$$\sigma_{pl_{qq'}}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{p_q} - \sigma_{p_{q'}})^2 + Z\sigma_{p_q} \sigma_{p_{q'}} + \left[(1 - r_{G_{qq'}})^3 \sigma_{p_q} \sigma_{p_{q'}} \right]^{\frac{1}{2}} .$$

Verifica-se que a primeira parte da expressão, $\frac{1}{2}(\sigma_{p_q} - \sigma_{p_{q'}})^2 + Z\sigma_{p_q} \sigma_{p_{q'}}$, representa a parte simples, onde, $Z = 1 - r_{G_{qq'}} \left[(1 - r_{G_{qq'}})^3 \right]^{\frac{1}{2}}$ e a parte complexa corresponde a $\left[(1 - r_{G_{qq'}})^3 \sigma_{p_q} \sigma_{p_{q'}} \right]^{\frac{1}{2}}$

Segundo esses autores, esta nova decomposição além de ponderar de maneira mais eficiente a contribuição da correlação e da diferença de variabilidade genotípica nos ambientes, demonstra ser mais adequada na análise e interpretação dos dados experimentais. Em um trabalho conduzido em três localidades na região Noroeste do Estado de Minas Gerais com *E. camaldulensis*, Castro (1992) verificou que a parte complexa da interação era predominante utilizando a expressão apresentada por Vencovsky (1987). Contudo, quando foi empregada a modificação proposta por Cruz e Castoldi (1991), a contribuição da parte complexa reduziu acentuadamente. Os valores obtidos por essa última expressão foram muito mais coerentes com a classificação dos materiais nos ambientes.

Em um outro estudo de interação genótipo x locais, Andrade (1991), verificou para a característica volume em dois locais da região Noroeste do Estado de Minas Gerais, que quando adotada a expressão apresentada por Vencovsky (1987), a parte complexa correspondeu a 99,9% da estimativa da interação, mesmo com um coeficiente de correlação de 0,88. Por outro lado quando foi aplicada a expressão proposta por Cruz e Castoldi (1991), a contribuição da parte complexa passou a 35,2%; confirmando que essa expressão é mais apropriada quando a correlação genética assume valores mais elevados.

Ela também foi utilizada na decomposição da interação progênie x idade em um experimento realizado com *Eucalyptus cloeziana* no Noroeste do Estado de Minas Gerais (Marques Jr., 1995). Foi verificado que apesar da interação ter apresentado significância na análise de variância, em todas as situações a parte complexa foi pouco expressiva chegando a ser responsável no máximo por 19,52% da interação. Essa informação serviu de base ao autor para concluir que a seleção precoce é uma boa estratégia para o melhoramento dessa espécie na região (Marques Jr., 1995).

A importância do estudo da interação genótipo x ambiente tem recebido a atenção dos melhoristas florestais, sobretudo, visando a redução de gastos com a instalação de experimentos apenas em ambientes representativos da região. Com este objetivo Resende et. al. (1992) trabalhando com *Acacia mearnsii*, em dois locais, concluiu que a seleção em qualquer dos locais seria eficiente, indicando que a avaliação efetuada em apenas um deles poderia atender toda a região. Em um trabalho com *Pinus caribaea* na Austrália, foi verificado que a classificação das procedências em função dos locais não era alterada substancialmente. Neste caso, Eisemann e Nikles (1983), sugeriram que os pomares de produção de sementes poderiam ser conduzidos em apenas um local e as sementes disseminadas para toda a região.

Em um experimento com *E. cloeziana*, Souza et al. (1992) verificaram que utilizando estimativas da correlação genética entre as médias nos pares de locais, as avaliações deveriam ser reduzidas para apenas três locais ao invés dos sete utilizados anteriormente. Castro (1992), também sugeriu a redução de três para dois locais, em um trabalho conduzido com *E. camaldulensis* no Noroeste do Estado de Minas Gerais.

2.4 Fatores que afetam a eficiência da seleção

Qualquer processo seletivo, especialmente com plantas perenes, demanda tempo e recurso e por essa razão deve ser o mais eficiente possível. Existem vários fatores que interferem no processo seletivo, sendo que, o conhecimento deles é primordial para se ter o máximo de sucesso com a seleção. Esses fatores podem ser visualizados através das expressões que fornecem o ganho esperado com a seleção (Hallauer, 1992), isto é:

$$GS = i \frac{ct\sigma_A^2}{\sigma_F Y},$$

onde “i” é o diferencial de seleção estandardizado, “c” o controle parental, “t” a correlação genotípica intraclasses, σ_A^2 a variância genética aditiva, σ_F o desvio fenotípico da unidade de seleção e “Y” o número de anos para se completar um ciclo seletivo.

Desse modo, a eficácia da seleção pode ser alterada modificando um ou mais desses componentes da expressão do ganho. Assim por exemplo, o diferencial de seleção que é um valor tabelado, é tanto maior quanto menor for a proporção de indivíduos ou famílias superiores selecionadas, podendo ser manipulado visando um maior ganho. Contudo, uma alta pressão de seleção pode levar a diminuição no tamanho efetivo populacional acarretando uma redução drástica da variabilidade genética da população, reduzindo assim, as possibilidades de sucesso a médio e longo prazo, que é um dos princípios da seleção recorrente. Já se for utilizada uma menor intensidade de seleção, isso resulta em um menor progresso por ciclo e com conseqüências na eficiência do processo seletivo (Paterniani e Miranda Filho, 1987). Dessa forma, o simples fato de se utilizar uma maior ou menor intensidade de seleção tem reflexo direto no progresso esperado com a seleção.

É preciso enfatizar que alguns trabalhos disponíveis na literatura, mostram que o sucesso com a seleção a longo prazo, pode ser obtido mesmo utilizando um tamanho efetivo relativamente pequeno (Rawlings, 1970). Além do mais, a utilização de maior intensidade de seleção sem prejuízo na manutenção do tamanho efetivo, pode ser conseguida avaliando-se um maior número de indivíduos ou famílias (Castro, 1992).

Um outro fator a destacar na expressão do ganho é o controle parental. Quando a seleção é baseada em ambos os sexos este controle é igual a 1, mas se a seleção for baseada

apenas no lado feminino, este valor é reduzido para a metade. Porém, se no lote de recombinação forem utilizados materiais S_1 ou clones a eficiência na seleção é ampliada, já que o controle parental passa a ter um valor igual a 2, na recombinação. No caso da cultura do *Eucalyptus*, como já mencionado, a seleção é efetuada tanto do lado masculino como do feminino. Além do mais, na maioria das espécies de *Eucalyptus* podem também ser empregados clones, ampliando ainda mais o valor do controle parental.

Já a correlação genotípica intraclasse (t), é dependente do tipo de família empregada. Quando se trabalha com famílias de meios irmãos esse valor é $1/4$. Existem outros tipos de famílias que podem ser empregadas nos experimentos com *Eucalyptus* e que exploram mais variância genética aditiva, porém são mais trabalhosos e por isso menos utilizados.

O sucesso do melhoramento irá depender também de uma criteriosa escolha da população, espécie ou procedência. Desta forma, a população escolhida deve possuir os alelos favoráveis para o caráter sob seleção. Isto pode ser inferido pela média da população e a presença de variabilidade suficiente, a fim de ampliar as chances de sucesso com o melhoramento. No caso do *Eucalyptus*, as populações podem ter origem a partir dos inúmeros testes de espécie e procedência que já foram ou estão sendo realizados no Brasil (Pasztor, 1974; Pires et. al. 1983; Andrade, 1991) e que poderão vir a ser realizados. Verificar a existência de variabilidade genética em populações é uma tarefa mais trabalhosa, porém os resultados encontrados no Brasil mostram que a variância genética aditiva é normalmente expressiva (Kageyama, 1980; Patiño-Valera, 1986; Mori, Kageyama e Ferreira, 1988; Castro, 1992; Marques Jr., 1995).

Quando é realizada a avaliação de famílias em experimentos conduzidos em alguns locais, a estimativa da variância fenotípica da unidade de seleção (σ_F^2), na equação do ganho é obtida pela expressão:

$$\sigma_F^2 = \sigma_p^2 + \frac{\sigma_{pl}^2}{q} + \frac{\sigma_c^2}{rq} + \frac{\sigma_d^2}{rpk},$$

onde σ_p^2 é a variância genética entre famílias, σ_{pl}^2 a variância da interação família x locais, σ_c^2 a variância ambiental entre parcelas, σ_d^2 a variância fenotípica dentro das parcelas e “r” ao número de repetições, “q” ao de locais e “k” ao de plantas por parcela.

A partir dessa expressão pode-se inferir que o ganho com a seleção, poderá ser alterado ocorrendo modificações em r, k ou q. O efeito do aumento no número de locais (q), está

relacionado com a magnitude da interação família x locais. Quanto mais alta, maior será sua contribuição para o ganho. Igualmente, o efeito do número de repetições está na dependência de uma maior ou menor contribuição da variância ambiental entre as parcelas. Já o incremento em k será compensador quando a contribuição da σ_d^2 para a variância fenotípica for expressiva e o aumento em k não contribui para aumentar a σ_d^2 . Comentários a este respeito foram feitos por Castro (1992).

Com relação a σ_d^2 e σ_e^2 , elas dependem da precisão experimental. Desse modo, o ganho será tanto maior quanto mais precisos forem os experimentos de avaliação das famílias. Os melhoristas devem ter como objetivo reduzir ao máximo a variação ambiental, tanto entre como dentro das parcelas.

Em se tratando de plantas perenes, como é o caso das essências florestais, o principal entrave nos programas de seleção recorrente é o número de anos para se completar um ciclo de seleção. Nas espécies florestais de climas temperados normalmente as rotações chegam a alcançar 50 anos ou mais, enquanto que para espécies subtropicais essa idade está por volta de 25-30 anos. Nas regiões tropicais esse período de rotação não é tão demorado. Contudo, na condução de um programa de seleção recorrente com o *Eucalyptus* no Brasil, a etapa de avaliação dura cerca de 7 anos, idade de abate das plantas em plantios comerciais. Na recombinação utilizando sementes remanescentes, será necessário pelo menos mais 2 a 3 anos. Assim, um ciclo de seleção recorrente com sementes remanescentes, na melhor das hipóteses irá durar de 9 a 10 anos (Marques Jr., 1995).

Dessa forma, a contribuição do Y na expressão do ganho é expressiva e deve-se procurar alternativas visando atenuar seu efeito, sendo a principal delas a seleção precoce. Por essa razão, inúmeros trabalhos tem sido realizados com o intuito de avaliar a eficácia da seleção antecipada (Squillace e Gansel, 1974; Lambeth, 1980; Foster, 1986; Magnussen, 1988; Mckeand, 1988; Blake, Bevilacqua e Barbosa, 1990; Rehfeldt, 1992; Vargas-Hernandez e Adams, 1992; Smith, White e Hodge, 1993; Marques Jr., 1995; Rezende, Bertolucci e Ramalho, 1994).

Algumas metodologias tem sido propostas com o objetivo de avaliar a eficácia da seleção precoce, tais como o estudo da flutuação de parâmetros genéticos e fenotípicos no decorrer das idades (Otegbeye, 1991), onde os materiais podem apresentar alterações expressivas nas estimativas dos parâmetros genéticos com o decorrer dos anos, o que de certa forma poderia

inviabilizar a seleção precoce. Neste sentido Marques Jr. (1995) constatou que estimativas do coeficiente de variação genética (CV_g) foram semelhantes no decorrer das idades, indicando que a variação genética entre famílias, em relação a média, foi praticamente a mesma ao longo do tempo.

Uma segunda alternativa para se avaliar a eficiência da seleção precoce é a estimativa da correlação genética nas diferentes idades. Vários trabalhos tem utilizado esse procedimento (Lambeth, 1980; Kageyama e Vencovsky, 1983; Magnussen, 1988; Borralho, 1991). Algumas dessas estimativas são apresentadas na Tabela 1. Constata-se que em um grande número de casos a associação entre o desempenho da planta ou família jovem com a adulta foi alta, indicando que nessas situações a seleção precoce seria eficaz.

A estimativa da interação genótipo x idade tem sido utilizada em estudos para estimar a eficiência da seleção precoce. Rezende, Bertolucci e Ramalho (1994) verificaram que apesar da existência de interação, houve predominância da parte simples da mesma, mostrando que não ocorreu mudança significativa na classificação dos clones ao longo do tempo.

A eficiência da seleção precoce também pode ser avaliada através de estimativas da resposta correlacionada com a seleção (RC), ou seja, o ganho esperado no momento da rotação pela seleção simulada em idades mais jovens (Riemenschneider, 1988; Borralho, Cotterill e Kanowski, 1992; Vargas-Hernandez e Adams, 1992; Gurgel Garrido e Kageyama, 1993; Li et. al., 1993 e Marques Jr., 1995).

A estimativa do coeficiente de determinação (R^2), também tem sido empregada. Nesse caso, é estimado uma equação de regressão linear entre a média do caráter das famílias ou indivíduos (y) com a idade (x). Esse R^2 possibilita inferir sobre a previsibilidade ou não do comportamento dos materiais ao longo dos anos e conseqüentemente sobre a eficiência da seleção precoce (Wakeley, 1971; Squillace e Gansel, 1974; Moura, Melo e Silva, 1993; Marques Jr., 1995).

O sucesso da utilização da seleção precoce em essências florestais tem sido realçado em várias oportunidades. Borralho, Cotterill e Kanowski (1992) com *Eucalyptus globulus* em Portugal, constataram que a seleção aos três anos propiciou o dobro do ganho por unidade de tempo em relação ao obtido se a seleção fosse praticada aos 8 anos. Rezende, Bertolucci e Ramalho (1994) com clones de *E. urophylla* e *E. grandis* sugeriram que a seleção entre clones de *Eucalyptus* pode ser realizada já a partir dos dois anos.

TABELA 1. Estimativas das correlações juvenil-adulta relatados na literatura

Fonte	Espécie	Característica avaliada	Idade (anos)	Correlação
Squillace e Gansel (1974)	<i>Pinus elliottii</i>	Altura	3 x 25	0,12
			8 x 25	0,47
			14 x 25	0,74
Kageyama (1983)	<i>Eucalyptus grandis</i>	Altura	1 x 2	0,80
			1 x 5	0,55
			2 x 5	0,95
Foster (1986)	<i>Pinus taeda</i>	Altura	2 x 5	0,91
			1 x 15	0,31
			5 x 15	0,74
Mckeand (1988)	<i>Pinus taeda</i>	Altura	10 x 15	0,96
			4 x 16	0,61
			8 x 16	0,83
Borrvalho (1991)	<i>Eucalyptus globulus</i>	Diâmetro	12 x 16	0,92
			4 x 18	0,95
			8 x 18	0,95
Huhm e Kleinschmit (1993)	<i>Picea abies</i>	Altura	1 x 14	0,24
			1 x 7	0,30
			1 x 2	0,74
Magnussen (1993)	<i>Pinus pinaster</i>	Altura	2 x 22	0,22
			7 x 22	0,70
			12 x 22	0,96
			14 x 22	0,97
Resende; Higa e Lavoranti (1994)	<i>Eucalyptus grandis</i>	Diâmetro	3 x 5	0,71
		Altura	3 x 5	0,69
Marques Jr. (1995)	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Diâmetro	2,5 x 6,5	0,88
			3,5 x 6,5	0,94
			4,5 x 6,5	0,96
			5,5 x 6,5	0,98

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido utilizando-se informações dos ensaios de famílias de *Eucalyptus camaldulensis*, cedidas pela MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA., que compõem o programa de melhoramento genético do gênero *Eucalyptus* da empresa.

3.1 Localização e caracterização das áreas experimentais

Os experimentos foram instalados em duas fazendas pertencentes a MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA., localizadas na região Noroeste do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Presidente Olegário (Fazenda Patagônia) e Brasilândia (Fazenda Brejão). Os dados das tabelas 2 e 5 caracterizam as áreas onde foram instalados os experimentos. Já a precipitação pluviométrica, desde a implantação do experimento, para Presidente Olegário é apresentada na Tabela 3, e para Brasilândia na Tabela 4.

TABELA 2. Características dos locais dos ensaios de famílias de *Eucalyptus camaldulensis*.

Características	Presidente Olegário Fazenda Patagônia	Brasilândia Fazenda Brejão
Latitude (S)	17 ^o 40'	19 ^o 00'
Longitude (W)	46 ^o 32'	45 ^o 50'
Altitude (m)	500	500
Precipitação média anual (mm)	1346	1253
Temperatura °C		
mínima anual	17	18
máxima anual	25	26
Déficit hídrico (mm)	30-90	70-140

TABELA 3. Precipitação pluviométrica e número de dias com chuva, observados no município de Presidente Olegário - MG, no período de 1988 à 1994.

	Unidade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1988	mm	118,0	175,0	123,0	91,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	121,0	154,0	238,0	1038,0
	dias	10,0	11,0	11,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	10,0	18,00	77,0
1989	mm	111,0	207,0	223,0	0,0	0,0	19,0	18,0	0,0	85,0	38,0	292,0	440,0	1433,0
	dias	10,0	18,0	13,0	0,0	0,0	5,0	3,0	0,0	8,0	6,0	15,0	19,0	97,0
1990	mm	94,0	259,0	57,0	0,0	61,0	0,0	60,0	91,0	46,5	33,0	90,0	164,0	995,5
	dias	8,0	9,0	5,0	0,0	7,0	0,0	5,0	5,0	4,0	3,0	16,0	8,0	70,0
1991	mm	299,0	269,0	221,0	74,0	8,0	0,0	0,0	0,0	39,0	133,0	147,0	212,0	1402,0
	dias	22,0	19,0	18,0	9,0	3,0	0,0	0,0	0,0	5,0	4,0	9,0	15,0	104,0
1992	mm	478,0	180,0	140,0	84,0	10,0	0,0	0,0	0,0	43,0	236,0	120,0	350,0	1641,0
	dias	16,0	15,0	10,0	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	7,0	16,0	12,0	20,0	107,0
1993	mm	73,0	76,0	61,0	88,0	15,0	23,0	0,0	13,0	37,0	29,0	58,0	543,0	1016,0
	dias	12,0	13,0	4,0	4,0	1,0	2,0	0,0	3,0	5,0	4,0	8,0	19,0	75,0
1994	mm	254,0	104,0	240,0	4,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0	260,0	163,0	1103,0
	dias	21,0	6,0	19,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	16,0	14,0	86,0
Média	mm	203,9	181,4	152,1	48,7	17,7	6,0	11,1	14,9	38,4	91,1	160,1	301,4	1232,6
	dias	14,1	13,0	11,4	4,3	2,4	1,0	1,1	1,1	4,3	6,7	12,3	16,1	88,0

FONTE: MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA.

TABELA 4. Precipitação pluviométrica e número de dias com chuva, observados no município de Brasilândia (MG), no período de 1988 à 1994.

Ano	Unidade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1988	mm	193,4	109,7	215,5	134,0	8,5	0,0	0,0	0,0	18,3	88,1	175,7	162,9	1106,1
	dias	9,0	11,0	13,0	11,0	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	12,0	15,0	83,0
1989	mm	99,8	97,9	90,6	39,2	0,0	22,6	6,4	5,4	135,4	126,0	270,2	646,4	1569,9
	dias	12,0	11,0	9,0	3,0	0,0	3,0	1,0	1,0	8,0	7,0	14,0	24,0	93,0
1990	mm	74,0	167,0	61,6	12,0	40,0	0,0	89,0	47,6	34,8	31,0	111,1	232,8	900,9
	dias	7,0	13,0	6,0	1,0	6,0	0,0	4,0	3,0	3,0	3,0	13,0	13,0	72,0
1991	mm	307,0	233,6	434,0	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,4	105,0	182,2	228,4	1553,6
	dias	19,0	14,0	17,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0	13,0	17,0	90,0
1992	mm	594,8	248,2	54,8	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,2	166,8	314,4	323,5	1815,7
	dias	23,0	13,0	7,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	13,0	15,0	24,0	111,0
1993	mm	103,4	289,6	17,4	46,2	3,3	12,2	0,0	5,8	23,4	83,4	94,8	485,8	1165,3
	dias	8,0	17,0	2,0	6,0	2,0	2,0	0,0	1,0	4,0	4,0	10,0	18,0	74,0
1994	mm	287,8	26,4	283,4	10,6	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	38,4	340,2	140,4	1169,0
	dias	19,0	7,0	14,0	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	4,0	14,0	11,0	74,0
Média	mm	237,2	167,5	165,3	50,6	7,4	7,1	13,6	8,4	47,4	91,2	212,7	317,6	1325,8
	dias	13,9	12,3	9,7	4,9	1,3	1,1	0,7	0,7	3,7	6,6	13,0	17,4	85,3

FONTE: MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA.

TABELA 5. Resultado das análises físico/química dos solos dos locais de instalação dos experimentos.

Local	Areia	Silte	Argila	Eq. mg/100 g de solo			pH	M.O. (%)	ppm	
	total (%)	(%)	(%)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺			K	P
Presidente										
Olegário	84,80	1,40	13,80	0,15	0,09	0,76	4,5	1,29	25	3,0
Brasilândia	58,42	17,34	24,22	0,26	0,12	1,06	4,9	1,03	54	0,53

FONTE : MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA.

Amostrado até 20 centímetros.

3.2. Material genético

Os materiais genéticos utilizados no experimento constituíram-se de 115 famílias de polinização livre, consideradas de meios irmãos de *E. camaldulensis*, oriundas de cinco procedências australianas, introduzidas pela MANNESMANN FI-EL FLORESTAL LTDA. A relação das procedências e o seus respectivos números de famílias estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Localização geográfica e número de famílias por procedência de *Eucalyptus camaldulensis* avaliadas no experimento.

Procedências	Latitude	Longitude	Altitude (m)	N ^o de famílias
Katherine - NT	14 ^o 36' - 15 ^o 04'S	131 ^o 45' - 132 ^o 08'E	120	25
W. of Mount Carbine - QLD	16 ^o 24' - 16 ^o 30'S	144 ^o 45' - 145 ^o 01'E	300-450	22
Kennedy River - QLD	15 ^o 34'S	144 ^o 02'E	140	26
Eccles Creek	17 ^o 14'S	145 ^o 00'E	460	11
Walsh River	17 ^o 10' - 17 ^o 59'S	144 ^o 56' - 144 ^o 59'E	440-480	31
Total de famílias				115

3.3 Instalação e condução do experimento

Os experimentos foram instalados nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, em dezembro de 1988. O delineamento utilizado foi de blocos de famílias compactas (Compact Family Blocks) com oito repetições. As parcelas constituíram-se de uma linha com seis plantas, com uma área útil de 36 m². O espaçamento adotado foi de 3,0 x 2,0 metros. A adubação de plantio em Brasilândia constitui-se de 1200 Kg/ha de fosfato natural de Araxá, 100g de gesso/cova e 67g de NPK da fórmula 08-28-06 por cova, enquanto que em Presidente Olegário aplicou-se 600 Kg/ha de fosfato natural de Araxá, mantendo-se a mesma quantidade de gesso e NPK por cova.

3.4 Dados coletados

Os dados da circunferência à altura do peito (CAP) e de altura das plantas foram coletados nas seguintes idades das árvores: 17 meses (maio de 1990); 31 meses (julho de 1991); 43 meses (julho de 1992) e 80 meses (agosto de 1995).

3.5 Análises estatísticas

Apesar dos experimentos terem sido implantados seguindo o delineamento de blocos de famílias compactas, as análises de variância foram realizadas segundo o esquema de blocos casualizados como efetuado por Torggler (1987), Castro (1992).

Para as análises, os dados da CAP foram transformados para diâmetro à altura do peito (DAP), pela expressão:

$$DAP = \frac{CAP}{3,1416}$$

3.5.1 Análise de variância para cada local (q) em cada idade (j)

Inicialmente foi realizada uma análise de variância por experimento para cada idade. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{tiw} = m + b_w + f_i + e_{(iw)} + d_{(tiw)}$$

sendo:

Y_{tiw} : observação da planta t, da família i, no bloco w;

m : média geral, fixa, portanto $E(m) = \mu$ e $V(m) = \mu^2$,

b_w : efeito do bloco w ($w = 1, 2, \dots, r$), aleatório, portanto $E(b_w) = 0$ e $V(b_w) = \hat{\sigma}_b^2$;

f_i : efeito da família i ($i = 1, 2, \dots, n$), aleatório, portanto $E(f_i) = 0$ e $V(f_i) = \hat{\sigma}_{p_R}^2$

$e_{(iw)}$: erro experimental associado à família i, no bloco w, $e_{(iw)} \cap N(0, \sigma^2)$, isto é:

$$E[e_{(iw)}] = 0 \text{ e } E[e_{(iw)}^2] = \hat{\sigma}_{e_R}^2 ;$$

$d_{(tiw)}$: efeito entre plantas dentro de parcelas, associados a planta t, da família i, no bloco w, ($t = 1, 2, \dots, k$); $d_{(tiw)} \cap N(0, \sigma^2)$, isto é, $E[d_{(tiw)}] = 0$ e $E[d_{(tiw)}^2] = \hat{\sigma}_{d_R}^2$.

O modelo da análise de variância com as respectivas esperanças dos quadrados médios, envolvendo cada local em cada idade, é apresentado na Tabela 7.

TABELA 7. Esquema da análise de variância em cada local e em cada idade.

FV	GL	QM	E(QM)
Bloco	r - 1		-
Família	n - 1	Q_1	$\sigma_{d_R}^2 + k\sigma_{e_R}^2 + kr\sigma_{p_R}^2$
Erro	(r - 1)(n - 1)	Q_2	$\sigma_{d_R}^2 + k\sigma_{e_R}^2$

onde:

r : número de repetições (r = 8)

n : número de famílias (n = 115)

k : número de plantas por parcela

3.5.2 Análise de variância conjunta para locais em cada idade

Nas análises conjuntas para locais considerou-se todos os efeitos como aleatórios, exceto a média, baseando-se no seguinte modelo estatístico:

$$Y_{tiwq} = m + l_q + b_{w(q)} + f_i + (fl)_{ij} + e_{(iwq)} + d_{(tiwq)}$$

sendo:

Y_{tiwq} : observação da planta t , da família i , no bloco w , no local q ;

m : média geral, fixa portanto $E(\mu) = \mu$ e $E(\mu^2) = \mu^2$;

l_q : efeito do local q , ($q = 1, 2$), aleatório, portanto $E(l_q) = 0$ e $E(l_q^2) = \hat{\sigma}_l^2$;

$b_{w(q)}$: efeito do bloco w , dentro do local q , aleatório, portanto $E(b_w) = 0$ e $E(b_w^2) = \hat{\sigma}_b^2$

f_i : efeito da família i , aleatório, portanto $E(f_i) = 0$ e $E(f_i^2) = \hat{\sigma}_p^2$;

$(fl)_{iq}$: efeito da interação da família i com o local q , aleatório, portanto $E[(fl)_{iq}] = 0$ e $E[(fl)_{iq}^2] = \hat{\sigma}_{pl}^2$

$e_{(iwq)}$: efeito do erro experimental médio, associado à família i , no bloco w , no local q .

$$e_{(iwq)} \cap N(0, \sigma^2), \quad E[e_{(iwq)}] = 0 \quad \text{e} \quad E[e_{(iwq)}^2] = \hat{\sigma}_e^2;$$

$d_{(tiwq)}$: efeito entre plantas dentro de parcelas, associados a planta t , da família i , no bloco w , do local q , $d_{(tiwq)} \cap N(0, \sigma^2)$, isto é, $E[d_{(tiwq)}] = 0$ e $E[d_{(tiwq)}^2] = \hat{\sigma}_d^2$.

O modelo da análise de variância com as respectivas esperanças dos quadrados médios, considerando todos os efeitos como aleatórios, exceto a média, é apresentado na Tabela 8.

TABELA 8. Esquema da análise de variância conjunta dos locais, em cada idade, ao nível de indivíduos.

FV	GL	QM	E(QM)
Locais	$q - 1$		-
Bloco/Locais	$q (r - 1)$		-
Famílias	$n - 1$	Q_3	$\sigma_{d_j}^2 + k\sigma_{e_j}^2 + kr\sigma_{pl_j}^2 + qrk\sigma_{p_j}^2$
Famílias x locais	$(n - 1) (q - 1)$	Q_4	$\sigma_{d_j}^2 + k\sigma_{e_j}^2 + kr\sigma_{pl_j}^2$
Erro médio	$q (r - 1) (n - 1)$	Q_5	$\sigma_{d_j}^2 + k\sigma_{e_j}^2$

onde:

q : número de locais ($q = 2$)

3.5.3 Análise de variância conjunta envolvendo locais e idades

O modelo estatístico adotado nessa análise foi:

$$Y_{tiwqj} = m + l_q + b_{w(q)} + f_i + (fl)_{iq} + (fb)_{iw(q)} + a_j + (al)_{jq} + (ab)_{jw(q)} + (fa)_{ij} + (fal)_{ijq} + e_{(jiwq)} + d_{(tiwqj)}$$

sendo:

Y_{tiwqj} : observação da planta t , da família i , no bloco w , no local q , na idade j ;

m : média geral, fixa portanto $\epsilon(\mu) = \mu$ e $\epsilon(\mu^2) = \mu^2$;

l_q : efeito do local q , ($q = 1, 2$), aleatório, portanto $\epsilon(l_q) = 0$ e $\epsilon(l_q^2) = \hat{\sigma}_l^2$;

$b_{w(q)}$: efeito do bloco w , dentro do local q , aleatório, portanto $\epsilon(b_w) = 0$ e $\epsilon(b_w^2) = \hat{\sigma}_b^2$

f_i : efeito da família i , aleatório, portanto $\epsilon(f_i) = 0$ e $\epsilon(f_i^2) = \hat{\sigma}_p^2$;

$(fl)_{iq}$: efeito da interação da família i com o local q , aleatório, portanto $\epsilon[(fl)_{iq}] = 0$ e $\epsilon[(fl)_{iq}^2] = \hat{\sigma}_{pl}^2$

$(fb)_{iw(q)}$: efeito da interação da família i com o bloco w , dentro do local q , aleatório, portanto $\epsilon[(fb)_{iw(q)}] = 0$ e $\epsilon[(fb)_{iw(q)}^2] = \hat{\sigma}_{e_a}^2$;

a_j : efeito da idade j , ($j = 1, 2, 3, 4$), fixo, portanto $\epsilon(a_j) = a_j$ e $\epsilon(a_j^2) = a_j^2$;

$(al)_{jq}$: efeito da interação da idade j com o local q , aleatório, portanto $\mathbb{E}[(al)_{jq}] = 0$ e $\mathbb{E}[(al)_{jq}^2] = \hat{\sigma}_{al}^2$

$(ab)_{jw(q)}$: efeito da interação da idade j com o bloco w , dentro do local q , aleatório, portanto $\mathbb{E}[(ab)_{jw(q)}] = 0$ e $\mathbb{E}[(ab)_{jw(q)}^2] = \hat{\sigma}_{e_b}^2$;

$(fa)_{ij}$: efeito da interação da família i com a idade j , aleatório, portanto $\mathbb{E}[(fa)_{ij}] = 0$ e $\mathbb{E}[(fa)_{ij}^2] = \hat{\sigma}_{pa}^2$

$(fal)_{ijq}$: efeito da interação da família i , com a idade j , no local q , aleatório, portanto $\mathbb{E}[(fal)_{ijq}] = 0$ e $\mathbb{E}[(fal)_{ijq}^2] = \hat{\sigma}_{pal}^2$

$e_{(jiwq)}$: efeito do erro experimental médio, associado à idade j , da família i , no bloco w , no local q , $e_{(jiwq)} \cap N(0, \sigma^2)$, $\mathbb{E}[e_{(jiwq)}] = 0$ e $\mathbb{E}[e_{(jiwq)}^2] = \hat{\sigma}_e^2$;

$d_{(tijwq)}$: efeito entre plantas dentro de parcelas, associados a planta t , da família i , na idade j , no bloco w , do local q , $d_{(tijwq)} \cap N(0, \sigma^2)$, isto é, $\mathbb{E}[d_{(tijwq)}] = 0$ e $\mathbb{E}[d_{(tijwq)}^2] = \hat{\sigma}_d^2$.

O modelo da análise de variância com as respectivas esperanças dos quadrados médios considerando todos os efeitos como aleatórios, exceto a média e a idade, estão apresentados na Tabela 9.

Posteriormente, foi efetuada o mesmo tipo de análise apresentada na Tabela 9, para as idades duas a duas, tendo como referência sempre a idade de corte. Isto é, foram efetuadas três análises de variância, do par de avaliação com 17 e 80 meses; 31 e 80 meses; 43 e 80 meses.

TABELA 9. Esquema da análise de variância envolvendo locais e idades, ao nível de indivíduos.

FV	GL	QM	E(QM)
Locais	q - 1		-
Bloco/local	q (r - 1)		-
Famílias	n - 1	Q ₆	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + ka\sigma_{e_a}^2 + kar\sigma_{pl}^2 + knrq\sigma_p^2$
Famílias x locais	(n - 1) (q - 1)	Q ₇	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + ka\sigma_{e_a}^2 + kar\sigma_{pl}^2$
Erro a	q (r - 1) (n - 1)	Q ₈	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + ka\sigma_{e_a}^2$
Idades	a - 1		-
Idades x locais	(a - 1) (q - 1)	Q ₉	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + kr\sigma_{pal}^2 + kn\sigma_{e_b}^2 + knm\sigma_{al}^2$
Erro b	q (r - 1) (a - 1)	Q ₁₀	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + kn\sigma_{e_b}^2$
Famílias x idades	(n - 1) (a - 1)	Q ₁₁	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + kr\sigma_{pal}^2 + kqr\sigma_{pa}^2$
Famílias x idades x locais	(n - 1) (a - 1) (q - 1)	Q ₁₂	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2 + kr\sigma_{pal}^2$
Erro c	q (r - 1) (n - 1) (a - 1)	Q ₁₃	$\sigma_d^2 + k\sigma_e^2$

onde:

a : idades (a = 4)

As comparações entre as médias das famílias foram realizadas utilizando-se a estimativa P proposta por Fasoulas (1983), que é dada pela expressão:

$$P = 100S/(n-1)$$

onde:

S : número de tratamentos cuja média foi estatisticamente inferior à média da família considerada, pelo teste de Duncam ($P \leq 0,01$).

n : número total de famílias avaliadas, neste caso n = 115.

3.5.4 Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

As estimativas dos parâmetros genéticos para cada idade em cada local (Tabela 10), foram obtidas a partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância (Tabela 7), utilizando procedimentos semelhantes aos apresentados por Vencovsky (1987). Já as expressões das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos envolvendo todos os locais, são apresentadas na Tabela 11, enquanto que as expressões das estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos envolvendo todos os locais e todas as idades são apresentados na Tabela 12.

Com o objetivo de avaliar o componente da interação família x local ($\hat{\sigma}_{pl_{qq'}}^2$) e família x idade duas a duas ($\sigma_{pa_{jj'}}^2$), elas foram desdobradas utilizando o procedimento proposto por Cruz e Castoldi (1991) pela expressão:

$$\sigma_{pl_{qq'}}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_{p_q} - \sigma_{p_{q'}})^2 + Z\sigma_{p_q}\sigma_{p_{q'}} + \left[(1 - r_{G_{qq'}})^3 \sigma_{p_q}\sigma_{p_{q'}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

sendo:

$$Z = 1 - r_{G_{qq'}} \left[(1 - r_{G_{qq'}})^3 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$r_{G_{qq'}} = \frac{COV_{qq'}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{p_q}^2 \hat{\sigma}_{p_{q'}}^2}} ;$$

$\hat{\sigma}_{pl_{qq'}}^2$: variância da interação de famílias com locais, considerando os locais q e q', ou $\sigma_{pa_{jj'}}$ quando for obtida a variância da interação família x idades, nas idades j e j';

$COV_{qq'}$: covariância genética obtida a partir das médias das famílias nos locais q e q', ou $COV_{jj'}$ quando a covariância genética for obtida a partir da médias das famílias nas idades j e j'.

TABELA 10. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos para cada idade em cada local.

Estimativas		Expressões para as estimativas
$\hat{\sigma}_{P_{j,q}}^2$	Variância genética entre famílias de meios-irmãos na idade j, no local q	$(Q_{1j,q} - Q_{2j,q})/k$
$\hat{\sigma}_{\bar{F}_{j,q}}^2$	Variância fenotípica média entre famílias na idade j, no local q	$Q_{1j,q}/kr$
$\hat{\sigma}_{e_{j,q}}^2$	Variância ambiental entre parcelas, na idade j, no local q	$(Q_{2j,q} - \hat{\sigma}_{d_{j,q}}^2)/k$
$\sigma_{d_{j,q}}^2$	Variância fenotípica entre plantas, dentro de parcelas, na idade j, no local q	$\sigma_{d_{j,q}}^2$
$h_{m_{j,q}}^2$	Herdabilidade no sentido restrito ao nível de média de famílias, na idade j, no local q	$\hat{\sigma}_{P_{j,q}}^2 / \hat{\sigma}_{\bar{F}_{j,q}}^2$
$h_{I_{j,q}}^2$	Herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais no bloco, na idade j, no local q	$\frac{4\hat{\sigma}_{P_{j,q}}^2}{\hat{\sigma}_{d_{j,q}}^2 + \hat{\sigma}_{e_{j,q}}^2 + \hat{\sigma}_{P_{j,q}}^2}$
$\hat{CV}g_{j,q}$	Coefficiente de variação genética, na idade j, no local q	$\sqrt{\hat{\sigma}_{P_{j,q}}^2} / m_{j,q}$

sendo:

k : média aritmética do número de plantas por parcela;

$m_{j,q}$: média da família na idade j, no local q;

TABELA 11. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos das análises conjuntas dos locais para cada idade.

Estimativas		Expressões para as estimativas
$\hat{\sigma}_{P_j}^2$	Variância genética entre famílias de meios irmãos na idade j	$(Q_{3_j} - Q_{4_j})/krq$
$\hat{\sigma}_{F_j}^2$	Variância fenotípica média entre as famílias na idade j	Q_{3_j}/krq
$\hat{\sigma}_{Pl_j}^2$	Variância da interação família x local	$(Q_{4_j} - Q_{5_j})/kr$
$h_{m_j}^2$	Herdabilidade no sentido restrito ao nível de média de famílias, na idade j	$\hat{\sigma}_{P_j}^2 / \hat{\sigma}_{F_j}^2$
$\hat{C}\hat{V}_{g_j}$	Coefficiente de variação genética, na idade j	$\sqrt{\hat{\sigma}_{P_j}^2} / m_j$
GS_{e_j}	Ganho com a seleção entre famílias de meios irmãos na idade j	$ds \hat{\sigma}_{P_j}^2 / \hat{\sigma}_{F_j}^2$
GS_{d_j}	Ganho com a seleção dentro de famílias de meios irmãos na idade j	$ds^{3/4} \hat{\sigma}_{A_j}^2 / \hat{\sigma}_{d_j}^2$

sendo:

k : média aritmética do número de plantas por parcela;

m_j : média da família na idade j;

ds : diferencial de seleção observado, considerando uma mesma intensidade para a seleção entre e dentro das famílias, ou seja de 10% ou de 20%.

TABELA 12. Estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos envolvendo todos os locais e idades das árvores.

Estimativas		Expressões para as estimativas
$\hat{\sigma}_p^2$	Variância genética entre família de meios-irmãos	$(COV_{q_i q_j} + COV_{q_i' q_j'})/2$
$\hat{\sigma}_F^2$	Variância fenotípica média entre as famílias	$Q_6/karq$
$\hat{\sigma}_{pa}^2$	Variância da interação família x idade	$(Q_{11} - Q_{12})/kar$
h_m^2	Herdabilidade no sentido restrito ao nível de média de famílias	$\hat{\sigma}_p^2/\hat{\sigma}_F^2$
$C\hat{V}_g$	Coefficiente de variação genética	$\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}/m$

sendo:

k : média aritmética do número de plantas por parcela;
m : média geral.

3.5.5 Eficiência da seleção precoce

Com o objetivo de avaliar a eficiência da seleção precoce no experimento de *E. camaldulensis* no Noroeste de Minas Gerais, foram utilizadas as seguintes metodologias:

a) Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos no decorrer das idades.

Utilizou-se procedimento semelhante ao empregado por Otegbeyer (1991), que observou as alterações nas estimativas dos parâmetros genéticos com o decorrer das idades, isto é, estimativa de $\hat{\sigma}_{p_j}^2$, $C\hat{V}_g$ e herdabilidade. Também foi utilizado a estimativa do ganho com a seleção (GS_j), entre média das famílias pela expressão:

$$GS_j = ds\hat{\sigma}_{p_j}^2 / \sqrt{\hat{\sigma}_{F_j}^2}$$

onde:

GS_j : Ganho com a seleção na idade j;

ds : diferencial de seleção observado;

$\hat{\sigma}_{p_j}^2$: variância genética na idade j ;

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_j}^2$: variância fenotípica média entre as famílias na idade j .

b) Estimativa e decomposição da interação família x idade.

A interação família x idade foi estimada como definido anteriormente, e desdobrada segundo procedimento de Cruz e Castoldi (1991).

c) Estimativa da Resposta Correlacionada com a seleção.

Para se obter a estimativa da resposta correlacionada utilizou-se a seguinte expressão:

$$RC_{j'j} = i \hat{\sigma}_p^2 / \sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}_j}^2}$$

onde:

$RC_{j'j}$: Resposta Correlacionada com a seleção efetuada na idade j e ganho na idade j' ;

i : intensidade de seleção estandardizada; considerando uma intensidade de 10%, $i = 1,76$, e quando utilizou-se 20%, $i = 1,40$;

$\hat{\sigma}_p^2$: variância genética;

$\hat{\sigma}_{\bar{F}_j}^2$: variância fenotípica média entre as famílias da unidade de seleção na idade j .

d) Estimativa da eficiência da seleção na idade j e correspondência na idade de 80 meses.

Foram identificadas nas idades precoces as 10% ou 20% famílias com melhor desempenho. O mesmo procedimento foi efetuado na idade de 80 meses. Em seguida foi verificado o número de famílias que seriam selecionadas nas duas condições. Posteriormente, foi estimada a eficiência da seleção pela expressão de Hamblin e Zimmermann (1986):

$$E.S.(%) = \frac{A - C}{B - C} \times 100$$

onde:

E.S.(%) : eficiência da seleção em porcentagem;

A : número de famílias comuns a seleção efetuada nas duas idades;

B : número total de famílias selecionadas;

C : número de famílias em comum à seleção efetuada nas duas idades unicamente devido ao acaso.

Obtido a partir da seguinte expressão: $C = (0.1)B$.

e) Emprego da Regressão

Foi estimada a regressão do desempenho médio das famílias ao longo das idades, utilizando procedimento semelhante ao adotado por Eberhart e Russel (1966) para o estudo da estabilidade em plantas anuais. Para isso foi empregado o seguinte modelo estatístico:

$$\hat{Y}_{ij} = m + b_i I_j + \delta_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

onde:

\hat{Y}_{ij} : estimativa da média da família i na idade j;

m : média geral;

b_i : coeficiente de regressão da família i;

I_j : índice ambiental. Nesse caso o índice ambiental foi a média geral de todas as famílias em cada

idade, ou seja $I_j = \frac{Y_{.j}}{n} - \frac{Y_{..}}{na}$, sendo $\sum_{j=1}^n I_j = 0$.

δ_{ij} : é o desvio da regressão da família i na idade j;

\bar{e}_{ij} : erro experimental médio.

Nesse trabalho ao invés de δ_{ij} foi utilizada a estimativa de R^2 como medida de previsibilidade de comportamento. O procedimento adotado na obtenção dessas estimativas e na significância do coeficiente de regressão b_i foi semelhante ao apresentado por Cruz e Regazzi (1994).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância ao nível de indivíduo para as características diâmetro à altura do peito (DAP) e altura, envolvendo as famílias de meios irmãos em cada idade de avaliação e em cada local, estão no apêndice (Tabela 1A, 2A). Observa-se que para ambas as características ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0.01$), pelo teste F, entre as famílias de meios irmãos em todos os casos, mostrando que existe variação genética entre os materiais avaliados.

As estimativas do coeficiente de variação experimental ($C\hat{V}_e$), foram de pequena magnitude tanto para altura como para DAP em ambos os locais e nas diferentes idades. A menor estimativa foi obtida para altura aos 31 meses em Brasilândia ($C\hat{V}_e = 8,1\%$) e a maior foi para o DAP em Presidente Olegário, aos 80 meses ($C\hat{V}_e = 12,1\%$), o que indica uma boa precisão experimental (Garcia, 1989). Estas estimativas são semelhantes as verificadas em experimentos conduzidos também na região Noroeste de Minas Gerais com *E. cloeziana* (Marques Jr., 1995) e com *E. camaldulensis* (Castro, 1992), e em outras regiões do Brasil (Kageyama, 1980; Pinto Jr., 1984; Patiño-Valera, 1986; Moraes, 1987; Mori, Kageyama e Ferreira, 1988; Martins, 1989; Silva, 1990).

Observando os valores das estimativas das variâncias genéticas entre famílias ($\hat{\sigma}_{P_{ij}}^2$) para cada local, verifica-se um aumento com o decorrer das idades. Em princípio pode-se inferir que ocorreu maior liberação da variabilidade genética com a idade. Contudo, quando se utiliza as estimativas do coeficiente de variação genética ($C\hat{V}_g$), verifica-se que tal hipótese não é verdadeira. O $C\hat{V}_g$ entre famílias para o DAP variou de 7,4 à 10,5% e de 7,5 à 9,2% nas diferentes idades nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, respectivamente (Tabela 13). Já para altura o $C\hat{V}_g$ variou de 9,4 à 11,2% e de 7,5 à 8,7% nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, respectivamente (Tabela 14). Fica evidente assim, que os valores das

estimativas de $\hat{\sigma}_{p_n}^2$, proporcionalmente a média do caráter na idade considerada, apresentaram pequena variação.

Essa última observação é comprovada através das estimativas da herdabilidade. Verificou-se que a estimativa da herdabilidade ao nível de média (h_m^2) foi semelhante com o decorrer das idades, em ambos os locais. Como por exemplo para DAP em Presidente Olegário aos 17 meses foi de 84,4% e com 43 meses, 86,3%, podendo esta pequena diferença ser atribuída ao erro associado às estimativas. Esses valores são superiores as inúmeras estimativas de h_m^2 que tem sido relatadas na literatura. A estimativa de herdabilidade ao nível de indivíduo (h_i^2) mostrou a mesma tendência. Em levantamento realizado por Castro (1992), envolvendo 43 experimentos conduzidos no Brasil, a herdabilidade a nível de média para o DAP utilizando famílias de meios irmãos, foi de 62% (valor médio). As famílias de meios irmãos de *E. camaldulensis*, avaliadas nesse trabalho são oriundas de material selvagem da Austrália, onde provavelmente ainda não havia sido realizado nenhum ciclo seletivo. Assim, nesse trabalho detectou-se grande variação genética entre elas. Esse fato associado a boa precisão experimental em que as famílias foram avaliadas, contribuiu para elevadas estimativas de herdabilidade.

A relação $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{\sigma}_e^2$ é importante por permitir fazer inferências sobre a variação fenotípica dentro da parcela relativamente à variação ambiental entre parcelas. Essa relação para DAP variou de 10,80 aos 17 meses à 63,10 aos 43 meses em Presidente Olegário, e de 14,86 aos 17 meses à 31,46 aos 43 meses em Brasilândia. Para altura essa variação foi menos expressiva em ambos os locais.

A amplitude de variação das 115 famílias, em relação a média, para DAP em Presidente Olegário foi de 54,4 % aos 80 meses e de 40,4% aos 17 meses (Figura 1). Para o mesmo caráter em Brasilândia esses valores foram de 55,9% aos 43 meses, e 46,6% aos 17 meses (Figura 2). Verifica-se assim que a variação observada entre as médias das famílias foram semelhantes com as idades, reforçando as observações anteriores relativas as estimativas do coeficiente de variação genética e da herdabilidade. Resultados semelhantes podem ser constatados para a altura em Presidente Olegário (Figura 3) e Brasilândia (Figura 4).

TABELA 13. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, por local, em cada idade, ao nível de indivíduo para DAP (cm), obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, MG.

Parâmetros	Presidente Olegário				Brasilândia			
	Idades (meses)							
	17	31	43	80	17	31	43	80
$\hat{\sigma}_{p_{j_i}}^2$	0,1936	0,4865	0,7640	1,2041	0,1873	0,4405	0,6649	1,0578
$\hat{C}Vg$ (%)	7,4	8,8	9,4	10,5	7,5	8,2	8,6	9,2
$\hat{\sigma}_{F_{j_i}}^2$	0,2294	0,5663	0,8855	1,4034	0,2233	0,5174	0,7755	1,2527
$\hat{\sigma}_{o_{j_i}}^2$	0,0996	0,1018	0,0627	0,1295	0,0805	0,1364	0,1366	0,3692
$\hat{\sigma}_{d_{j_i}}^2$	1,0752	3,0847	5,2106	8,1125	1,1966	2,7558	4,2975	6,6727
$\hat{\sigma}_{d_{j_i}}^2 / \hat{\sigma}_{o_{j_i}}^2$	10,80	30,30	63,10	62,64	14,86	20,20	31,46	18,07
h_m^2 (%)	84,4	85,9	86,3	85,8	83,9	85,1	85,7	84,4
h_I^2 (%)	56,6	53,0	50,6	51,0	51,2	52,9	52,2	52,2

TABELA 14. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, por local, em cada idade, ao nível de indivíduo para altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia, MG.

Parâmetros	Presidente Olegário				Brasilândia			
	Idades (meses)							
	17	31	43	80	17	31	43	80
$\hat{\sigma}_{P_{jk}}^2$	0,5068	0,8055	1,5415	2,9889	0,2731	0,4796	0,9424	1,7191
$\hat{C}Vg$ (%)	11,1	9,4	10,2	11,2	8,1	7,5	8,3	8,7
$\hat{\sigma}_{F_{jk}}^2$	0,5533	0,8834	1,6994	3,2515	0,3113	0,5501	1,0600	1,9674
$\hat{\sigma}_{e_{jk}}^2$	0,18	0,22	0,37	0,49	0,16	0,24	0,36	0,80
$\hat{\sigma}_{d_{jk}}^2$	1,1022	2,2885	5,1298	8,8957	0,8628	1,8602	3,3429	6,6396
$\hat{\sigma}_{d_{jk}}^2 / \hat{\sigma}_{e_{jk}}^2$	6,12	10,40	13,86	18,15	5,39	7,75	9,29	8,30
h_m^2 (%)	91,6	91,2	90,7	91,9	87,7	87,2	88,9	87,4
h_l^2 (%)	113,0	97,2	87,6	96,6	84,3	74,4	81,1	72,7

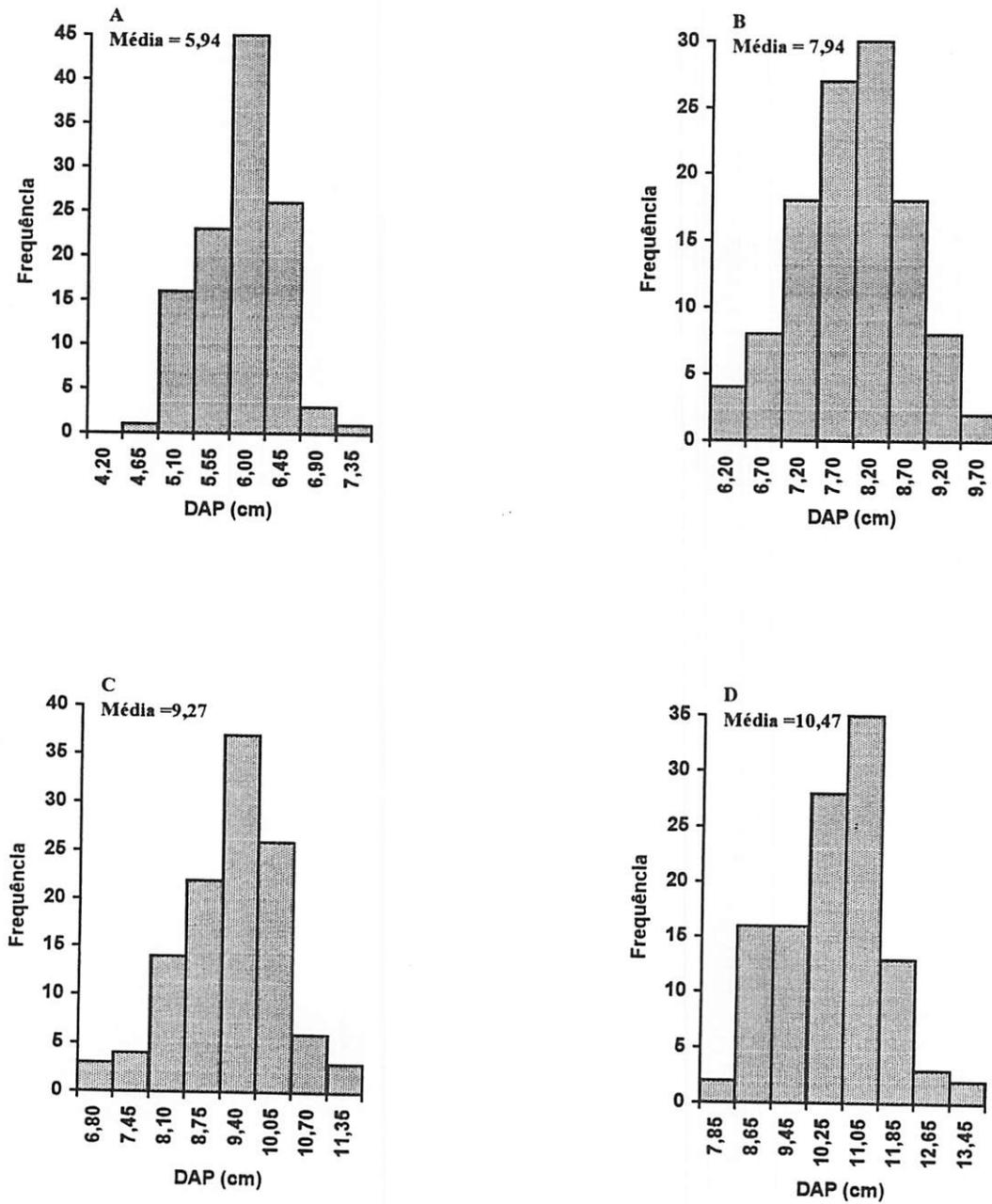


FIGURA 1. Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, obtidas em experimento conduzido em Presidente Olegário nas idades de 17 (A), 31 (B), 43 (C) e 80 meses (D).

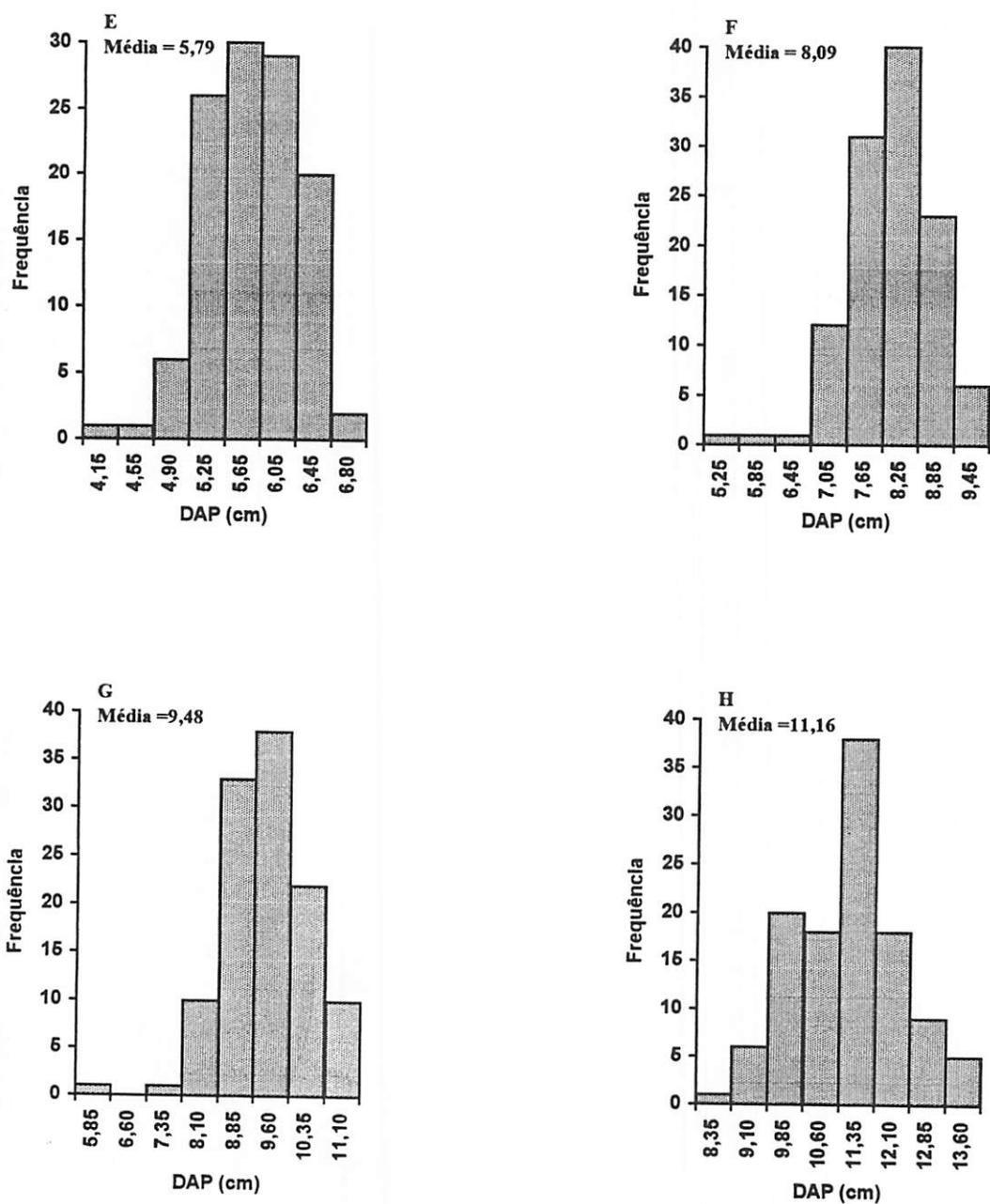


FIGURA 2. Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, obtidas em experimento conduzido em Brasilândia nas idades de 17 (E), 31 (F), 43 (G) e 80 meses (H).

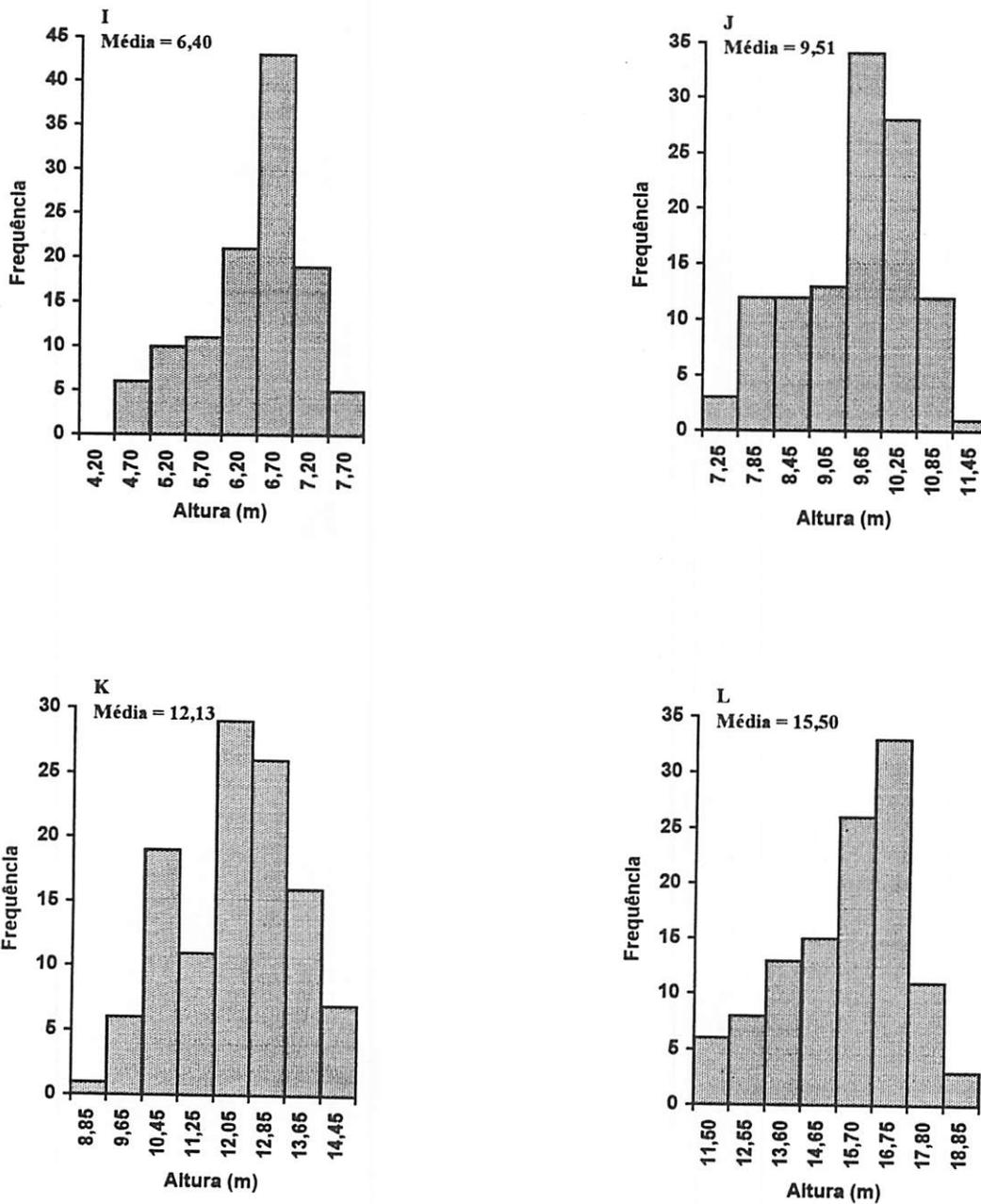


FIGURA 3. Distribuição de frequência das médias das alturas (m) das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, obtidas em experimento conduzido em Presidente Olegário nas idades de 17 (I), 31 (J), 43 (K) e 80 meses (L).

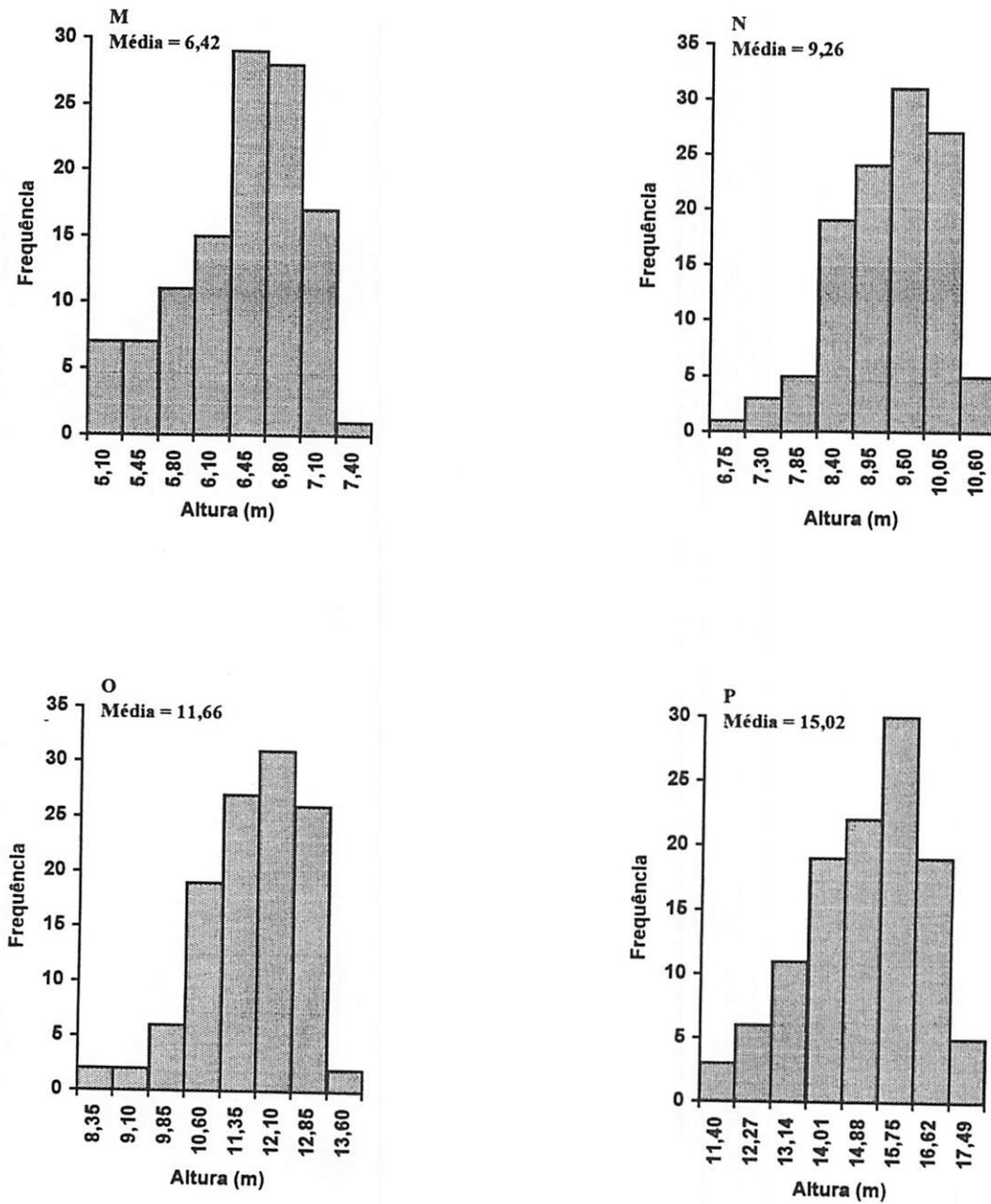


FIGURA 4. Distribuição de frequência das médias das alturas (m) das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, obtidas em experimento conduzido em Brasilândia nas idades de 17 (M), 31 (N), 43 (O) e 80 meses (P).

Como pode ser observado todas as fontes de variação foram significativas ($P \leq 0.01$) na análise conjunta dos locais, para todas as características avaliadas, exceto o efeito de locais para altura aos 17 meses de idade (Tabela 15). Embora tenham ocorrido diferenças significativas entre os locais, os valores médios obtidos em cada idade não apresentaram variação expressiva, entre eles. Na média das idades essa diferença, na maioria dos casos, foi inferior a 5%. Deve ser salientado que os dois locais utilizados possuem a mesma altitude (Tabela 2), e as precipitações observadas foram semelhantes entre eles, tanto na quantidade total de chuva quanto no número de dias com precipitação (Tabela 3 e 4). Em termos de fertilidade do solo as diferenças obtidas foram apenas para K_2O e P_2O_5 , e que provavelmente foram eliminadas com a adubação. No que se refere a estrutura física do solo, o de Presidente Olegário é mais arenoso (Tabela 5). Ao que tudo indica, essas diferenças não foram suficientes para contribuir com variação mais expressiva no DAP e na altura, entre os locais.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos considerando os dois locais, nas diferentes idades, evidenciam que há variabilidade suficiente para antever o sucesso com a seleção entre e dentro das famílias de meios irmãos dessa espécie, para ambas as características (Tabela 16). A ocorrência da interação família x ambiente é sem dúvida, o principal complicador da eficiência da seleção (Oda, Menck e Vencovsky, 1990). Segundo Mori, Lello e Kageyama (1986) as perdas na seleção devido ao efeito da interação família x locais, foram de até 64%, para diâmetro, quando a seleção foi feita em um local e o material selecionado utilizado em outro. Nesse trabalho, a interação família x locais foi altamente significativa ($P \leq 0,01$), sugerindo inicialmente que a avaliação das famílias deveria ser realizada em ambos locais (Tabela 15). Porém, apesar de significativa, a relação entre a variância da interação família x locais com a variância genética entre famílias, foi sempre inferior a 17 %, indicando que a interação apresentou pequena contribuição para a variação fenotípica total (Tabela 16). Isso ocorreu principalmente porque as diferenças entre os locais foi de pequena magnitude como já salientado.

Um outro enfoque no estudo da interação é quanto a sua natureza, isto é, se ela é devido a diferenças na manifestação genética nos dois ambientes (parte simples) ou se devido a falta de correlação genética (parte complexa). Verificou-se que em todos os casos, a parte simples foi a mais importante sendo responsável em média, por 64,8% da variação devido a interação para DAP, e de 81,8% para altura (Tabela 16). Este fato é reforçado pelas altas correlações genéticas verificadas em ambas as características, estando sempre acima de 86%. Esses resultados indicam

que as futuras avaliações dos materiais, poderão ser realizadas em apenas um desses locais, sem que haja maiores prejuízos em termos de ganho genético. Castro (1992) avaliando a maioria dos materiais utilizados no presente trabalho, aos 17 meses, em três locais, Pirapora, Presidente Olegário e Brasilândia, verificou que a interação foi mais acentuada no par Presidente Olegário e Brasilândia. Contudo, como foi constatado nesse trabalho, mesmo nesses dois locais a variância da interação foi inferior a 30% da variância genética entre famílias.

As distribuições de frequência do desempenho das famílias, na média dos dois locais, aos 80 meses, para ambas as características, podem ser observadas na Figura 5. Embora os dados apresentem magnitude diferentes, a amplitude de variação, em relação a média, são semelhantes. Assim para DAP correspondeu a 50,8% da média e para altura 43,3%. Novamente esse resultados são coerentes com as estimativas da herdabilidade ao nível de média de família, na média dos dois locais.

Constata-se, na Tabela 17, que as fontes de variação da análise de variância conjunta das idades e dos locais foram significativas ($P \leq 0.01$). Considerando que nesse trabalho o interesse maior é detectar a possível interação entre o desempenho das famílias na idade precoce com aquela obtida por ocasião do abate, foram efetuadas análises de variância, duas a duas, sendo que uma das idades foi sempre a do momento do abate, isto é 80 meses. Verificou-se novamente que a interação família x idade foi significativa ($P \leq 0.01$), tanto para DAP (Tabela 18), quanto para altura (Tabela 19).

Foram estimadas para DAP (Tabela 20) e altura (Tabela 21) as variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_p^2$) e da interação ($\hat{\sigma}_{pa}^2$) para cada par de idades. O resultado mais expressivo é a relação dessas duas variâncias, isto é $\hat{\sigma}_{pa}^2 / \hat{\sigma}_p^2$. Verifica-se que a participação da interação diminuiu com o decorrer das idades, para ambos os caracteres, indicando que a contribuição da interação reduziu com a diminuição do tempo entre a avaliação e o momento do abate. Além disso, devido a alta estimativa da correlação genética, mesmo no caso em que a relação entre a variância da interação e a variância genética foi maior, ela teria pouco significado em termos do resultado da seleção. Esse fato foi comprovado através da decomposição desse componente de interação utilizando o procedimento proposto por Cruz e Castoldi (1991), onde a parte simples da interação foi sempre superior a 90%, indicando assim que mesmo nos casos em que a interação foi mais expressiva, a sua importância em termos de classificação dos materiais nas duas idades foi praticamente nula.

TABELA 15. Resumo das análises conjuntas, envolvendo os locais, para DAP (cm) e altura (m) em cada idade de avaliação, obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*.

		QM							
FV	GL	DAP				ALTURA			
		Idades (meses)							
		17	31	43	80	17	31	43	80
Locais (L)	1	54,45**	59,69**	108,56**	1190,22**	1,29	158,71**	601,58**	609,17**
Bloco/Locais	14	15,15**	14,54**	8,70	23,38**	55,06**	42,48**	61,18**	39,56**
Famílias (F)	114	18,05**	43,69**	66,12**	103,79**	35,39**	59,55**	115,24**	210,07**
P x L	114	2,84**	6,15**	10,03**	14,57**	4,51**	6,39**	11,26**	22,49**
Erro	1596	1,66	3,60	5,32	8,78	1,96	3,41	6,31	11,38
CVe (%)		9,14	9,87	10,28	11,61	9,08	8,21	8,83	9,37
Média (cm)		5,87	8,02	9,37	10,82	6,41	9,39	11,89	15,26

TABELA 16. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir da análise conjunta dos locais, em cada idade, ao nível de indivíduo para DAP (cm) e altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*.

Parâmetros	DAP				ALTURA			
	Idade (meses)							
	17	31	43	80	17	31	43	80
$\hat{C}V_g$ (%)	6,9	8,0	8,0	9,2	9,0	8,1	9,0	9,5
$\hat{\sigma}_{p_j}^2$	0,1648	0,4081	0,6118	1,0012	0,3346	0,5779	1,1341	2,1048
$\hat{\sigma}_{p_l_j}^2$	0,0256	0,0554	0,1028	0,1298	0,0553	0,0648	0,1079	0,2493
Parte simples (%)	0,0162	0,0365	0,0647	0,0870	0,0435	0,0531	0,0905	0,2060
	63,3	65,9	63,0	67,0	78,5	82,1	84,0	82,6
Parte complexa (%)	0,0094	0,0189	0,0380	0,0429	0,0119	0,0116	0,0173	0,0433
	36,7	34,1	37,0	33,0	21,5	17,9	16,0	17,4
r_{Gj}	0,87	0,88	0,86	0,89	0,90	0,93	0,94	0,93
$\hat{\sigma}_{p_l_j}^2 / \hat{\sigma}_{p_j}^2$ (%)	15,5	13,6	16,8	13,0	16,5	11,2	9,5	11,8
$\hat{\sigma}_{\bar{F}_j}^2$	0,1955	0,4749	0,7212	1,1646	0,3833	0,6473	0,1257	2,3572
$\hat{\sigma}_{d_j}^2$	1,1358	2,9203	4,7541	7,3887	0,9826	2,0744	4,2364	7,7616
$\hat{\sigma}_{e_j}^2$	0,0908	0,1182	0,0988	0,2498	0,1694	0,2323	0,3619	0,6496
h_m^2 (%)	84,3	85,9	84,8	86,0	87,3	89,3	90,2	89,3
k	5,77	5,75	5,73	5,57	5,77	5,75	5,73	5,57

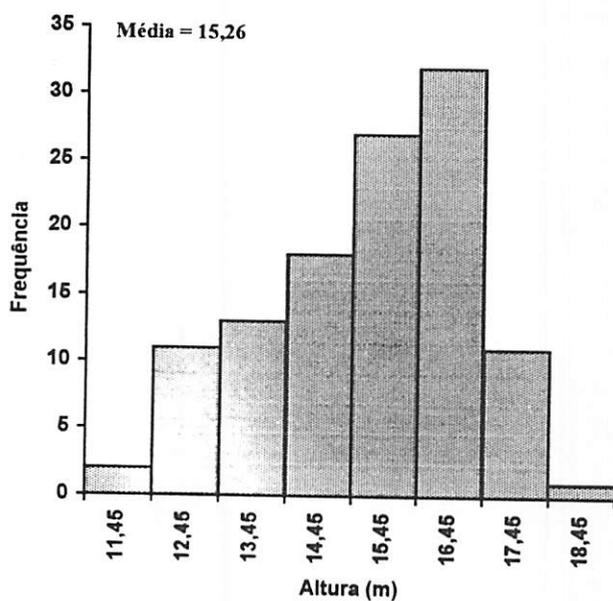
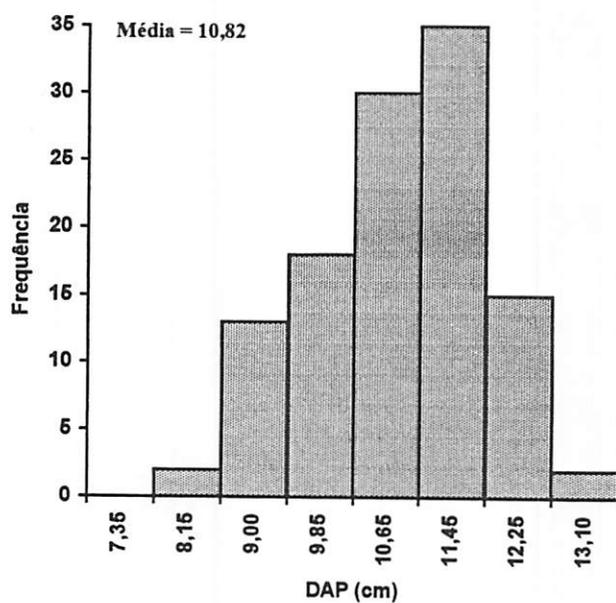


FIGURA 5. Distribuição de frequência das médias dos DAP (cm) e das alturas (m) das famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, obtidas da análise conjunta dos experimentos aos 80 meses de idade.

TABELA 17. Resumo das análises de variância, para DAP (cm) e altura (m) obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, em ambos os locais, abrangendo todas as idades.

FV	GL	QM	
		DAP	ALTURA
Locais (L)	1	520,97**	925,49**
Bloco/Locais	14	34,72*	130,74**
Famílias (P)	114	205,12**	362,78**
P x L	114	27,05**	35,24**
Erro (a)	1596	15,52	16,49
Idade (A)	3	46.469,61**	148.042,54**
A x L	3	305,99**	151,64**
Erro (b)	42	9,08	22,37
P x L	342	9,34**	20,27**
P x A x L	342	2,25**	3,25**
Erro (c)	4788	1,32	2,25
Média		8,52	10,74

TABELA 18. Resumo das análises de variância das idades das idades duas a duas, para DAP (cm), obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* em ambos os locais.

QM			
Idade (meses)			
FV	GL	17 x 80	31 x 80
Locais (L)	1	377,94**	900,66**
Bloco/Locais	14	20,00**	20,53**
Famílias (P)	114	100,22**	137,26**
P x L	114	12,99**	17,74**
Erro (a)	1596	7,84	10,74
Idade (A)	1	127.759,00**	40.743,03**
A x L	1	887,16**	367,54**
Erro (b)	14	18,69	17,53
P x L	114	23,18**	11,21**
P x A x L	114	4,63**	3,11**
Erro (c)	1596	2,73	1,74
			1016,68**
			26,02**
			164,57**
			22,71**
			12,92
			10.7790,05**
			297,69**
			6,28
			5,90**
			1,96**
			1,24

TABELA 19. Resumo das análises de variância das idades duas a duas, para altura (m), obtidas no experimento de avaliação de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, em ambos os locais.

FV	GL	QM		
		Idade (meses)		
		17 x 80	31 x 80	43 x 80
Locais (L)	1	282,63**	698,59**	1.210,97**
Bloco/Locais	14	55,04**	48,50**	80,08**
Famílias (P)	114	199,27**	241,13**	314,45**
P x L	114	21,20**	23,91**	30,01**
Erro (a)	1596	9,49	11,69	15,16
Idade (A)	1	408.574,03**	179.648,97**	58.868,20**
A x L	1	338,75**	76,64**	0,12
Erro (b)	14	39,34	33,51	20,37
P x L	114	49,35**	30,95**	12,26**
P x A x L	114	6,12**	5,22**	3,90**
Erro (c)	1596	4,02	3,23	2,60

TABELA 20. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das análises de variância das idades duas a duas e decomposição do componente de variância da interação, para DAP (cm), obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*.

Parâmetros	Idades (meses)		
	17 x 80	31 x 80	43 x 80
$\hat{\sigma}_p^2$	0,3785	0,6152	0,7629
$\hat{\sigma}_{pa}^2$	0,2044	0,0894	0,0436
Parte simples	0,1971	0,0847	0,0404
(%)	96,5	94,8	92,9
Parte complexa	0,0072	0,0046	0,0031
(%)	3,5	5,2	7,1
$\hat{\sigma}_{pa}^2 / \hat{\sigma}_p^2$ (%)	54,0	14,5	5,7
r_G	0,93	0,96	0,97

TABELA 21. Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das análises de variância das idades duas a duas e decomposição do componente de variância da interação, para altura (m), obtidas de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*.

Parâmetros	Idades		
	17 x 80	31 x 80	43 x 80
$\hat{\sigma}_p^2$	0,7432	1,0572	1,5270
$\hat{\sigma}_{pa}^2$	0,4765	0,2841	0,0924
Parte simples	0,4440	0,2749	0,0905
(%)	93,2	96,7	97,8
Parte complexa	0,0325	0,0093	0,0020
(%)	6,8	3,3	2,2
$\hat{\sigma}_{pa}^2 / \hat{\sigma}_p^2$ (%)	64,1	26,9	6,1
r_G	0,89	0,96	0,99

Todas as estimativas da variância genética e fenotípicas mencionadas anteriormente, possibilitam antever o sucesso com a seleção. Esse fato foi comprovado através dos altos valores da estimativa do ganho com a seleção na idade de corte (80 meses), que foi de 12,0% considerando uma intensidade de seleção de 20%, e de 15,1% na intensidade de seleção de 10% para DAP na média dos dois locais. Resultados semelhantes foram verificados para altura (Tabela 22).

Visando esclarecer o que ocorre com o ganho genético quando a seleção é aplicada em idades mais precoces, foi feita uma simulação da seleção a uma idade mais jovem com aferição do seu comportamento na idade de abate, ou seja, foi estimada a resposta correlacionada com a seleção na média dos locais (Tabela 22). Verifica-se que as diferenças nos valores das estimativas da resposta correlacionada com a seleção foram pequenas nas diferentes idades. Se o enfoque for no sentido de estimar o ganho por unidade de tempo, que é o mais importante, constata-se que o ganho seria tanto maior quanto mais precoce fosse a seleção. Veja que com 17 meses por exemplo, para DAP, o ganho anual com a seleção seria 125% acima da realizada aos 80 meses, com uma intensidade de seleção de 20%. Resultados semelhantes foram relatados por Riemenschneider (1988), Borralho, Cotterill e Kanowski (1992) e Marques Jr. (1995).

A Tabela 23 mostra as médias das 40 melhores famílias nas diferentes idades. Inicialmente é preciso salientar que nessa tabela é apresentada também a estimativa de P proposta por Fasoulas (1983). Ela fornece a proporção dos tratamentos avaliados em que uma determinada família foi superior estatisticamente, isto é, a de número 92 aos 17 meses foi superior a todas as demais famílias avaliadas ($P \leq 0,01$). Já a de número 41, por exemplo, foi estatisticamente superior a 75% das famílias avaliadas. Essa mesma observação é válida nas demais idades e reforçam a existência de variação entre os materiais e também a boa precisão dos experimentos, pois possibilitaram detectar inúmeras diferenças significativas entre elas.

Observe na mesma tabela que dentre as 23 famílias que seriam superiores aos 17 meses, 14 delas também o seriam aos 80 meses. Utilizando a expressão de Hamblin e Zimmermann (1986) isso corresponde a uma eficiência de seleção de 56,5%. Veja que com o decorrer das idades a eficiência da seleção aumentou, embora a diferença entre 31 meses e 43 meses não tenha sido expressiva (Tabela 24). A dificuldade de se utilizar esse procedimento ao se avaliar o mérito da seleção precoce é o de determinar o valor, acima do qual, a seleção precoce seria viável.

Uma outra alternativa empregada para se avaliar a eficiência da seleção precoce foi a estimativa dos parâmetros de estabilidade segundo Eberhart e Russel (1966). Verifica-se que para ambas as características, que as estimativas do coeficiente de determinação (R^2) foram sempre superiores a 96,8% indicando um ótimo ajustamento dos dados a equação de regressão (Tabelas 25 e 26). Constatou-se também que as estimativas do coeficiente de regressão linear (b) não diferiram da unidade para o DAP, enquanto que para altura ($P \leq 0.05$), apenas uma família apresentou b menor que 1 e uma outra com b superior (Tabela 26). Esses resultados ajudam a evidenciar a eficiência da seleção precoce. Isso porque, como o R^2 foi próximo de 100% , a previsibilidade do desempenho das famílias ao longo das idades foi alta. Além do mais, como a maioria dos b 's não diferiu da unidade, isso indica que a taxa de incremento em diâmetro ou altura das diferentes famílias foi a mesma. Desse modo, as famílias com maior desenvolvimento aos 17 meses também o foram aos 80 meses.

Do exposto, praticamente todas as metodologias empregadas evidenciaram a possibilidade de sucesso com a seleção precoce. A única que não permitiu fazer uma inferência mais segura foi a estimativa da eficiência da seleção pela expressão de Hamblin e Zimmermann (1986), como já comentado. Resultados semelhantes foram constatados por Marques Jr. (1995) em trabalho conduzido com *E. cloeziana*. Dessas metodologias, a única que ainda não foi mencionada na literatura é o emprego do método de Eberhart e Russel (1966), utilizado na avaliação da estabilidade de cultivares. Como se constatou, o procedimento de Eberhart e Russel (1966) foi também efetivo em avaliar a eficiência da seleção precoce. Vale ressaltar, que mesmo que os b 's diferissem da unidade, esse método poderia ser usado com sucesso, pois, nesse caso, poder-se-ia separar os materiais com diferentes taxas de crescimento. Nessa condição a situação mais favorável seria aquela em que fosse possível detectar correlação positiva e alta entre a estimativa de b e a média na idade mais jovem. Isso porque os materiais com maior desenvolvimento inicial seriam também os de maior taxa de crescimento.

Desta forma, é possível inferir que a seleção precoce em *Eucalyptus camaldulensis* seria eficaz. Além do mais, a eficiência poderia ser aumentada se a seleção com famílias de meios irmãos fosse realizada utilizando sementes remanescentes. Nessa condição, com 18 à 24 meses após a instalação do experimento, seriam identificadas as melhores famílias e logo em seguida instalado o lote de recombinação - pomar de sementes. Inclusive nesse caso, poder-se-ia usar um arranjo tal, que possibilitasse que todos os materiais tivessem a mesma chance de ter como vizinho

todas as demais famílias selecionadas. Além do mais, os dados obtidos no lote de recombinação poderiam ser analisados visando reforçar os resultados obtidos anteriormente. Dois anos após a implantação do pomar de sementes, quando as árvores começassem a florescer, o experimento já estaria com cerca de 4 anos. Nesse momento, proceder-se-ia uma nova avaliação das famílias, visando verificar se realmente aquelas identificadas aos 2 anos eram realmente as superiores. Aquelas que não confirmassem o bom desempenho seriam eliminadas no pomar. Assim, poderia ser aplicada uma intensidade de seleção mais branda, cerca de 20 à 25% e após essa segunda avaliação ficar com as 10 ou 15% superiores. Veja que nesse caso, a eliminação no pomar seria pequena, sem maiores problemas na recombinação devido a ocorrência de clareiras.

No presente caso, se fossem utilizadas sementes remanescentes e considerado que a variação fenotípica entre plantas no pomar de sementes fosse a mesma do experimento, poder-se-ia estimar o ganho total entre e dentro das famílias, como por exemplo, o ganho com a seleção entre as famílias aos 17 meses foi de 10,05%, com uma intensidade de seleção de 10%, para o DAP, na média dos dois locais. Já o ganho dentro das famílias seria de 5,19%. Desse modo, o ganho total percentual seria de 15,24% e isso corresponderia a um ganho percentual médio anual de 4,35%, uma vez que nas etapas de avaliação das famílias e recombinação, seriam necessários aproximadamente 3,5 anos (Tabela 27). Se observarmos o ganho por unidade de tempo, que é o mais importante, constata-se que o ganho seria tanto maior quanto mais precoce fosse a seleção.

Finalmente, merece ser salientado, que as correlações genéticas estimadas entre o DAP e altura, nas diferentes idades foram sempre altas e positivas (Tabela 28). Esses resultados reforçam os já obtidos na literatura que evidenciam ser as duas características geneticamente associadas (Kedharnath e Vankshasya, 1977; Assis, 1980; Borges, 1980; Assis, Brune e Euclides, 1983; Kageyama e Vencovsky, 1983; Mori, Kageyama e Ferreira, 1988; Castro 1992). Considerando que a medida da altura, especialmente quando as árvores estão mais altas, além de difícil, é de precisão duvidosa, seria oportuno, que no futuro apenas as medidas de DAP fossem tomadas. Desse modo, o trabalho seria reduzido e mais atenção poderia ser direcionada na obtenção de medidas mais precisas do DAP.

TABELA 22. Estimativas dos ganhos esperados com a seleção aos 80 meses e a resposta correlacionada com a seleção para DAP (cm) e altura (m), entre famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, na média dos locais.

DAP				
Seleção (meses)	Ganho estimado (%)	Duração da seleção (anos)	Ganho por ano (%)	E (%)
17/80	11,08 (13,92) ^{1/}	3,5	3,17 (3,98)	225 (224)
31/80	11,55 (14,52)	4,5	2,57 (3,23)	182 (181)
43/80	11,62 (14,61)	5,5	2,11 (2,66)	150 (149)
80/80	12,00 (15,09)	8,5	1,41 (1,78)	100 (100)

ALTURA				
Seleção (meses)	Ganho estimado (%)	Duração da seleção (anos)	Ganho por ano (%)	E (%)
17/80	11,01 (13,85)	3,5	3,15 (3,96)	213 (213)
31/80	12,06 (15,16)	4,5	2,68 (3,37)	181 (181)
43/80	12,50 (15,71)	5,5	2,27 (2,86)	153 (154)
80/80	12,58 (15,81)	8,5	1,48 (1,86)	100 (100)

^{1/} : fora dos parênteses estão os valores estimados considerando uma intensidade de seleção de 20% (23 famílias) e dentro dos parênteses, 10% (12 famílias);
E (%) : eficiência relativa da seleção precoce.

TABELA 23. Média das 40 melhores famílias nas diferentes idades e a estimativa de P proposta por Fasoulas (1983).

Idades (meses)		17		31		43		80			
NF	média	P	NF	média	P	NF	média	P	NF	média	P
92	6,66**	100	104	9,27	100	115	11,00**	100	114	13,50	99
89	6,65*	99	115	9,17**	98	89	10,80*	98	88	13,50	99
78	6,61**	98	78	9,16**	98	78	10,80**	98	115	12,70	97
80	6,56**	97	92	9,12**	96	92	10,70**	97	78	12,70	97
115	6,53**	96	89	9,11*	96	104	10,60	95	80	12,60	96
90	6,53*	96	88	9,01**	96	80	10,60**	95	103	12,60	96
97	6,49**	95	90	8,99*	95	90	10,60*	95	34	12,40	93
81	6,46*	94	80	8,97**	94	97	10,50**	94	53	12,40	93
87	6,45*	92	97	8,93**	93	59	10,40	91	92	12,40	93
88	6,45**	92	103	8,87**	92	56	10,40**	91	94	12,20	90
103	6,43**	91	59	8,75	87	103	10,40**	91	56	12,20	90
85	6,42	89	81	8,73*	87	88	10,20**	87	97	12,20	90
104	6,40	89	43	8,73	87	38	10,20	87	90	12,10	89
43	6,38	89	56	8,72*	87	57	10,20	87	72	12,10	89
47	6,33	87	38	8,71	87	114	10,20*	87	81	12,00	85
83	6,33	87	85	8,68	87	81	10,20*	87	87	12,00	85
38	6,32	86	94	8,66*	85	43	10,10	82	89	12,00	85
84	6,26	85	114	8,65*	85	31	10,10*	82	51	11,90	85
59	6,25	82	87	8,64*	84	85	10,10	82	46	11,80	82
93	6,24	82	57	8,63	83	94	10,10*	82	95	11,80	82
114	6,24*	82	31	8,56*	82	87	10,10*	82	110	11,80	82
94	6,24*	82	110	8,55*	82	51	10,10*	82	55	11,70	81
46	6,20*	81	61	8,53	81	17	10,10	78	31	11,70	81
69	6,18	80	91	8,49	79	110	10,00	78	93	11,60	79
51	6,16	78	84	8,49	79	61	9,98	78	112	11,60	79
56	6,16	78	37	8,46	77	91	9,98	78	30	11,50	74
86	6,14	77	65	8,46	77	37	9,96	77	40	11,50	74
110	6,13	76	47	8,45	75	30	9,93	75	84	11,50	74
41	6,11	75	69	8,45	75	65	9,93	75	82	11,50	74
30	6,10	71	83	8,43	75	72	9,91	75	82	11,50	74
61	6,10	71	51	8,40	72	112	9,87	74	58	11,50	74
73	6,10	71	93	8,40	72	93	9,86	74	37	11,50	74
42	6,08	71	40	8,40	72	93	9,86	71	104	11,50	74
57	6,08	71	53	8,38	61	86	9,86	71	91	11,40	70
37	6,06	69	72	8,38	61	53	9,83	66	73	11,40	70
96	6,06	69	86	8,38	61	98	9,82	66	15	11,40	70
35	6,05	67	109	8,37	61	47	9,80	66	85	11,40	70
17	6,05	67	46	8,37	61	84	9,79	66	98	11,30	61
32	6,05	67	17	8,37	61	109	9,79	66	106	11,30	61
31	6,04	61	30	8,34	61	40	9,79	66	49	11,30	61

NF: número da família

* famílias coincidentes apenas com uma intensidade de seleção de 20%.

** famílias coincidentes com uma intensidade de seleção de 10% e, consequentemente, coincidentes também a 20%.

TABELA 24. Estimativa da eficiência da seleção precoce em porcentagem obtidas utilizando a expressão de Hamblin e Zimmermann (1986), para DAP (cm) e altura (m), considerando todas as famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, avaliadas na média dos locais.

Idade (meses)	DAP	ALTURA
17 / 80	56,52 (53,70) ^{1/}	56,52 (53,70)
31 / 80	66,18 (53,70)	61,35 (62,96)
43 / 80	66,18 (62,96)	66,18 (62,96)

^{1/} : fora dos parênteses estão os valores estimados considerando uma intensidade de seleção de 20% (23 famílias) e dentro dos parênteses, 10% (12 famílias);

TABELA 25. Estimativas da média (cm), do coeficiente de regressão linear (b) e do coeficiente de determinação (R^2) entre DAP e as diferentes idades. Dados obtidos na avaliação de famílias de meios irmãos de *E. camaldulensis*, na média dos locais.

Família	Media (cm)	b	R^2	Família	Media (cm)	b	R^2	Família	Media (cm)	b	R^2
1	7,78	0,81	98,38	40	9,13	1,06	99,94	79	8,25	0,89	100,00
2	8,05	0,98	99,79	41	7,90	0,83	99,54	80	9,68	1,22	99,81
3	7,93	0,96	99,95	42	8,65	0,97	99,61	81	9,38	1,11	99,85
4	7,48	0,82	99,23	43	9,10	0,98	99,48	82	8,83	1,10	99,60
5	6,98	0,83	96,82	44	7,98	0,93	99,99	83	8,83	0,94	99,87
6	7,88	0,92	99,89	45	8,33	1,04	99,23	84	9,20	1,01	99,98
7	8,60	1,04	99,85	46	9,15	1,10	99,65	85	9,15	1,02	99,85
8	8,05	1,09	99,43	47	8,88	0,87	99,80	86	8,75	1,03	99,77
9	8,13	0,98	99,80	48	8,45	0,94	99,91	87	9,33	1,12	99,86
10	8,20	1,01	99,81	49	8,85	1,07	99,99	88	10,33	1,31	99,60
11	7,88	0,87	99,80	50	7,98	0,94	99,28	89	9,40	1,14	99,99
12	7,93	0,86	99,68	51	9,38	1,14	99,81	90	9,55	1,14	99,93
13	7,83	0,83	99,94	52	8,08	0,91	99,85	91	8,92	1,07	99,98
14	7,68	0,99	99,29	53	9,65	1,21	99,97	92	9,73	1,15	99,98
15	8,80	1,11	99,94	54	7,35	0,77	99,98	93	9,00	1,08	99,76
16	8,10	0,95	99,99	55	9,10	1,15	99,94	94	9,30	1,19	99,58
17	8,95	1,06	99,81	56	9,50	1,16	99,90	95	8,83	1,18	98,81
18	8,55	1,04	99,60	57	8,73	1,14	99,92	96	8,68	0,98	99,88
19	7,50	0,84	99,42	58	9,10	1,08	99,90	97	9,53	1,15	99,97
20	7,60	0,79	98,61	59	8,88	1,12	99,96	98	8,73	1,06	99,64
21	7,18	0,74	98,80	60	8,85	1,07	99,99	99	8,23	0,92	99,88
22	7,56	0,83	99,65	61	8,45	0,99	99,97	100	8,05	1,09	99,43
23	7,18	0,77	99,91	62	7,85	0,88	98,35	101	8,58	1,15	99,85
24	7,50	0,80	99,43	63	8,45	0,98	99,79	102	8,35	0,88	99,14
25	6,95	0,77	98,88	64	7,73	0,80	99,85	103	9,58	1,24	99,49
26	8,28	0,94	99,59	65	8,88	1,08	99,52	104	9,20	1,02	99,56
27	7,93	0,89	99,77	66	7,55	0,87	99,89	105	8,38	0,92	99,05
28	8,35	1,08	99,72	67	7,00	0,76	99,26	106	8,78	1,08	99,89
29	8,20	0,91	99,98	68	8,23	0,98	99,80	107	7,83	0,91	99,21
30	8,95	1,10	99,91	69	8,90	0,99	99,82	108	8,00	0,89	99,93
31	9,13	1,13	99,98	70	8,00	0,76	99,26	109	8,85	1,05	99,89
32	8,60	0,97	99,30	71	8,40	0,92	99,71	110	9,15	1,15	99,99
33	6,23	0,66	97,09	72	9,33	1,19	99,97	111	8,48	0,99	99,57
34	9,65	1,21	99,97	73	8,88	1,07	99,88	112	8,95	1,13	99,93
35	8,60	1,02	99,46	74	8,65	1,02	99,85	113	8,48	1,09	99,64
36	8,50	0,99	99,83	75	7,30	0,73	99,95	114	10,13	1,38	99,52
37	9,15	1,08	99,69	76	9,08	0,99	99,57	115	9,83	1,23	99,95
38	8,45	0,96	99,47	77	7,53	0,68	98,40				
39	8,50	0,97	99,92	78	9,83	1,23	99,95				

TABELA 26. Estimativas da média (m), do coeficiente de regressão linear (b) e do coeficiente de determinação (R^2) entre altura e as diferentes idades. Dados obtidos na avaliação de famílias de meios irmãos de *E. camaldulensis*, na média dos locais.

Família	Media (m)	b	R^2	Família	Media (m)	b	R^2	Família	Media (m)	b	R^2
1	9,38	0,79	99,63	40	11,40	1,08	99,94	79	10,48	0,93	99,91
2	9,48	0,88	99,94	41	10,23	0,84	99,85	80	12,13	1,19	99,92
3	9,56	0,89	99,85	42	11,00	0,97	99,82	81	11,92	1,09	99,93
4	9,03	0,88	99,44	43	11,75	0,95	99,98	82	11,50	1,06	100,00
5	8,36	0,78	99,52	44	10,50	0,96	99,97	83	11,28	1,02	99,92
6	8,98	0,82	99,88	45	10,83	1,07	99,75	84	11,95	1,10	99,81
7	9,92	0,90	99,82	46	11,25	1,08	99,82	85	11,05	1,05	99,90
8	9,75	1,01	99,97	47	10,78	1,02	99,99	86	11,10	1,13	100,00
9	9,88	0,97	99,95	48	11,10	1,02	99,65	87	11,50	1,10	99,96
10	9,53	0,94	99,98	49	11,33	1,08	99,99	88	12,28	1,17	100,00
11	9,18	0,89	99,85	50	10,58	0,94	99,92	89	11,90	1,11	99,93
12	8,95	0,84	99,75	51	11,42	1,10	99,99	90	11,45	1,10	99,98
13	9,45	0,92	99,91	52	10,63	0,97	99,91	91	11,05	1,09	99,98
14	9,43	0,96	99,99	53	11,67	1,13	99,98	92	12,30	1,18	99,95
15	9,65	0,98	99,97	54	10,00	0,81	99,82	93	11,25	1,08	99,97
16	9,63	0,97	99,98	55	11,83	1,16	99,99	94	11,20	1,09	99,93
17	10,42	1,02	99,84	56	12,10	1,07	99,98	95	11,45	1,14	99,83
18	9,88	0,91	99,99	57	11,00	1,07	99,98	96	11,03	1,07	99,99
19	9,00	0,86	99,57	58	11,20	1,07	99,98	97	12,33	1,21	99,92
20	9,28	0,79	99,03	59	11,25	1,10	99,98	98	10,73	1,06	99,72
21	8,75	0,73	98,72	60	11,48	1,13	99,86	99	11,05	0,97	99,79
22	8,60	0,75	99,67	61	10,92	1,04	99,99	100	10,55	1,00	99,56
23	8,67	0,79	99,63	62	9,75	0,92	99,50	101	11,03	1,02	99,99
24	9,03	0,81	99,81	63	10,95	1,06	99,93	102	11,08	1,00	99,85
25	8,40	0,77	99,13	64	10,55	0,94	99,88	103	12,23	1,19	99,75
26	10,65	0,96	99,99	65	11,83	1,09	99,93	104	11,10	1,04	100,00
27	10,73	0,89	99,95	66	10,60	0,87	99,85	105	10,48	0,91	99,99
28	10,63	1,02	99,39	67	9,80	0,77	99,51	106	10,98	1,06	99,97
29	10,40	0,96	99,95	68	10,63	1,03	99,68	107	9,83	0,89	99,90
30	10,95	1,10	99,93	69	11,70	1,10	99,95	108	10,53	0,90	99,92
31	11,13	1,09	99,96	70	10,58	0,94	99,85	109	11,70	1,10	99,97
32	10,95	0,92	99,82	71	11,38	1,00	99,90	110	11,45	1,09	99,97
33	9,05	0,69*	99,06	72	11,67	1,11	99,81	111	11,65	1,04	99,98
34	11,90	1,08	99,91	73	11,43	1,05	99,99	112	12,25	1,21	99,95
35	11,08	1,00	99,69	74	11,30	1,08	99,91	113	10,80	1,04	99,91
36	11,00	1,00	99,89	75	9,65	0,81	99,76	114	12,53	1,28*	99,92
37	11,38	1,08	100,00	76	11,15	1,02	99,98	115	12,13	1,16	99,90
38	10,70	1,04	99,61	77	10,20	0,83	99,90				
39	11,20	0,97	100,00	78	12,20	1,19	99,84				

* significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

TABELA 27. Estimativa do ganho genético total esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* na média dos locais para DAP (cm) e altura (m), em cada idade.

DAP					
Idade (meses)	GS _{entre} %	GS _{dentro} %	GS _{total} %	Duração da seleção (anos)	Ganho por ano %
17	8,62 (10,05)	4,45 (5,19)	13,07 (15,24)	3,5	3,73 (4,35)
31	8,46 (12,00)	4,13 (5,85)	12,59 (17,85)	4,5	2,80 (3,67)
43	9,05 (11,05)	4,12 (5,03)	13,17 (16,08)	5,5	2,39 (2,92)
80	11,52 (14,30)	5,45 (6,76)	16,97 (21,06)	8,5	2,00 (2,48)

ALTURA					
Idade (meses)	GS _{entre} %	GS _{dentro} %	GS _{total} %	Duração da seleção (anos)	Ganho por ano %
17	10,21 (11,98) ^{1/}	11,95 (14,02)	22,16 (26,00)	3,5	6,33 (7,43)
31	8,94 (10,36)	8,37 (9,70)	17,31 (20,06)	4,5	3,85 (4,45)
43	10,02 (12,22)	8,92 (10,87)	18,94 (23,09)	5,5	3,44 (4,20)
80	11,06 (13,46)	10,08 (12,26)	21,14 (25,72)	8,5	2,49 (3,03)

^{1/}: fora dos parênteses estão os valores estimados considerando uma intensidade de seleção de 20% (23 famílias) e dentro dos parênteses, 10% (12 famílias). A mesma intensidade de seleção foi utilizada para a seleção dentro de famílias, ou seja, 10% ou 20%.

TABELA 28. Estimativas da correlação genética entre DAP e altura nas diferentes idades.

Idades	Correlação
17	0,75
31	0,82
43	0,85
80	0,90

5 CONCLUSÕES

1. Foi constatada variação genética entre e dentro das famílias de *Eucalyptus camaldulensis* que permite antever o sucesso com a seleção de materiais mais adaptados a região Noroeste do Estado de Minas Gerais;
2. Tanto a interação família x locais quanto as interações família x idades foram de pequena magnitude e predominantemente devido a parte simples, isto é, ocorreu alta correlação genética entre o desempenho médio das famílias nos ambientes considerados;
3. Todas as metodologias utilizadas para verificar a eficiência da seleção precoce, mostraram que ela foi eficaz. Assim, a seleção pode ser efetuada na região Noroeste do Estado de Minas Gerais aos 17 meses de idade, o que contribuiria para reduzir a duração dos ciclos seletivos, contribuindo assim, para aumentar o ganho médio anual com a seleção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. **Características de crescimento e qualidade de madeira de progênes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.** Viçosa: UFV, 1993. 63p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- ANDRADE, E.N. **O Eucalipto.** 2. ed, São Paulo, Companhia Paulista de Estrada de Ferro. 1939. 121p.
- ANDRADE, H.B. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* L'Héritier (Myrtaceae) nas regiões norte e noroeste do Estado de Minas Gerais.** Lavras: ESAL, 1991. 105p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- ASSIS, T.F. de. **Estimativas de herdabilidade e de correlações em progênes jovens de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** Viçosa: UFV, 1980. 38p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento).
- ASSIS, T.F. de; BRUNE, A.; EUCLYDES, R.F. **Ensaio de progênes de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** *Silvicultura*, São Paulo, v.8, n.28, p.158-159, jan./fev. 1983.
- BLAKE, T.; BEVILACQUA, E.; BARBOSA, M. de M. **Early selection of fast-growing *Eucalyptus* clones and species.** *IPEF Internacional*, Piracicaba, n.1, p.27-34. 1990.
- BOLAND, D.J.; BROOKER, M.I.H.; CHIPPEMDALE, G.M.; HALL, N.; HYLAND, B.P.M.; JOHNSTON, R.D.; KLEINIG, D.A.; TURNER, J.D. **Forest trees of Australia.** 4.ed. Melbourne: Nelson - CSIRO, 1984. 687p.
- BORGES, R.C.G. **Estimativas de herdabilidade e correlação entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex. Maiden.** Viçosa: UFV, 1980. 42p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).
- BORRALHO, N.M.G. **Genetic improvement of *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* for pulp production.** Oxford: Wolfson College, 1991. 221p. (Tese - Doutorado em Filosofia).

- BORRALHO, N.M.G.; COTTERILL, P.P.; KANOWSKI, P.J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal. II. Efficiencies of early selection. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.41, n.2, p.70-77, 1992.
- CARVALHO, P.L.P.T.de. **Interção genótipo x ambiente em clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** Viçosa: UFV, 1989. 74p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento).
- CASTRO, N.H.C.de. **Número de repetições e eficiência da seleção em progênie de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*.** Lavras: ESAL, 1992. 121p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- CRUZ, O.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipo x ambiente em parte simples e complexa. *Revista Ceres*, Viçosa, v.38, n.219, p.422-430, set./out. 1991.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, n.1, p.36-40, Jan./Feb. 1966.
- EISEMANN, R.L.; NIKLES, D.G. An evaluation of variation and family - environmental interactions in multi - site progeny tests of *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. e Golf. in Queensland, Australia. *Silvicultura*, São Paulo, v.9, n.29, p.68-75, mar./abr. 1983.
- FAO. **Eucalypts for planting.** Roma, 1981. 677p.
- FASOULAS, A.C. Rating cultivars and trials in applied plant breeding. *Euphytica*, Wageningen, v.32, p.939-943, 1983.
- FOSTER, G.S. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. *Forest Science*, Bethesda, v.32, n.4, p.945-959, Dec. 1986.
- GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. Piracicaba: IPEF, 1989. 10p. (Circular Técnica, 171).
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas para reflorestamento.** Belo Horizonte, Centro de Pesquisas Florestais do IBDF na região do Cerrado, 1975. 65p. (Série Técnica, 3).

- GOLFARI, L.; CASER, R.L. e MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte, PRODEPEF, 1978. 66p. (Série Técnica, 11)
- GURGEL GARRIDO; L.M. do A.; KAGEYAMA, P.Y. Evolução com a idade de parâmetros genéticos de *Pinus elliottii*, selecionados para produção de resina. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, n.1, p.21-37, 1993.
- HALL, N. **Botanists of the Eucalyptus**. Melbourne, Australia, CSIRO, 1978. 160p.
- HALLAUER, A.R. Recurrent selection in maize. **Advances in Agronomy**, New York, v.48, p.115-179, 1992.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1983. 468p.
- HAMBLIN, J.; ZIMMERMANN, M.J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant Breeding Reviews**, v.4, p.254-272, 1986.
- HÜHN, M.; KLEINSCHMIT, J. Times trends in age-age covariances and correlations - examples from Norway spruce clones. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.42, n.4-5, p.175-179, 1993.
- KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. Piracicaba: ESALQ, 1980. 125p. (Tese - Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- KAGEYAMA, P.Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. Piracicaba: ESALQ, 1983. 147p. (Tese de Livre-Docência).
- KAGEYAMA, P.Y.; VENCOVSKY, R. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. IPEF, Piracicaba, v.24, p.9-26, ago. 1983.
- KEDHARNATH, S.; VAKSHASYA, R.H. Estimates of components of variance, heritability and correlations among some growth parameters in *Eucalyptus tereticornis*. In: **WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING**, 3, Camberra, FAO, 1977. 10p.
- LAMA GUTIERREZ, G. de la. **Atlas del Eucalipto**. Sevilha: Ministério da Agricultura, INIA/ICONA, v.1. 1976.
- LAMBETH, C.C. Juvenile-mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. **Forest Science**, Bethesda, v.26, n.4, p.571-580, Dec. 1980.

- LI, P.; BEAULIEU, J.; CORRIVEAU, A.; BOUSQUET, J. Genetic variation in juvenile growth and phenology in a white spruce provenance-progeny test. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.42, n.1, p. 52- 60, 1992.
- MAGNUSSEN, S. Minimum age-to-age correlations in early selections. *Forest Science*, Bethesda, v.34, n.4, p.928-938, Dec. 1988.
- MARQUES JR., O.G. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos e avaliação da eficiência da seleção precoce em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.** Lavras: UFLA, 1995. 69p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- MARTINS, I.S. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus citriodora* Hook, em diferentes idades em condições de viveiro.** Viçosa: UFV, 1989. 73p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Florestal).
- MATHESON, A.C.; RAYMOND, C.A. The impact of genotype x environment interactions on Australian *Pinus radiata* breeding programs. *Australian Forest Research*, Melbourne, n.14, p.11-25, 1984.
- McKEAND, S. Optimum age for family selection for growth tests of Loblolly Pine. *Forest Science*, Bethesda, v.34, n.2, p.400-411, Jun., 1988.
- MORAES, M.L.T. **Variação genética da densidade básica de madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. e suas relações com as características de crescimento.** Piracicaba: ESALQ, 1987. 115p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Florestais).
- MORI, E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. **Variação genética e interação progênie x locais em *Eucalyptus urophylla*.** IPEF, Piracicaba, v.39, p53-63, ago., 1988.
- MORI, E.S.; LELLO, L.R.B. de; KAGEYAMA, P.Y. **Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith.** IPEF, Piracicaba, v.33, p.19-25, 1986.
- MOURA, V.P.G.; MELO, J.T. de; SILVA, M.A. **Comportamento de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. aos nove e meio anos de idade, em Planaltina, DF., área de cerrado.** IPEF, Piracicaba, v.46, p.52-62, 1993).
- ODA, S.; MENCK, A.L.M.; VENCOVSKY, R. **Problems in the classical improvement of *Eucalyptus* as consequence of high selection intensities.** IPEF *International*, Piracicaba, n.1, p.58-67, 1990.

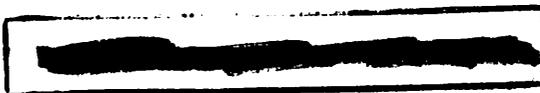
- OTEGBEYE, G.O. Age trends in the genetic control of stem diameter of *Eucalyptus tereticornis* and the implication for selection. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.40, n.2, p.85-87, 1991.
- PASZTOR, Y.P.C. Teste de procedência de *Eucalyptus pilularis* SM, na região de Mogi-Guaçu. IPEF, Piracicaba, v.8, p.69-93, 1974.
- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (ed.) **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.216-274.
- PATIÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. e sua interação com espaçamento**. Piracicaba: ESALQ, 1986. 192p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)
- PINTO JR., J.E. **Variabilidade genética em progênies de uma população de *Eucalyptus urophylla* S.t. Blake da Ilha Flores - Indonésia**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 164p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Florestais).
- PIRES, I.E.; SOUZA, S.M.; DRUMOND, M.A.; SILVA, H.D.; LIMA, P.C.F.; RIBASKI, J. Teste de procedências de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. na região do nordeste semi árido brasileiro. *Silvicultura*, São Paulo, v.31, n.8, p.493-497, jul./ago., 1983.
- RAMALHO, M.A.P. Emprego da seleção recorrente no melhoramento de essências florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1, Belo Horizonte, 1993. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, v.1, p.21-37, 1993.
- RAMALHO, M.A.P. Emprego da seleção recorrente no melhoramento de essências florestais. In: **Workshop Métodos de Seleção**, Belo Horizonte CTGMF-SIF, p.1-18, 1994.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamias: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.
- RAWLINGS, J.O. Present status of research on long and shortterm recurrent selection in finite population: choice of population size. In: **MEETING OF WORKING GROUP ON QUANTITATIVE GENETICS**, 2., New Orleans, 15p. 1970.
- REHFELDT, G.E. Early selection in *Pinus ponderosa*: compromises between growth potential and growth rhyhm in developing breending strategies. *Forest Science*, Bethersda, v.38, n.3, p.661-677, Aug. 1992.

- RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R.; HELLER, J.B.; STEIN, P.P. Parâmetros genéticos e interação genótipo x ambiente em testes de procedências e progênies de acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 24/25, p.55-65, jan./dez, 1992.
- RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R.; LAVORANTI, O.J. Regressão geno-fenotípica multivariada e maximização do progresso genético em programas de melhoramento de *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p.57-71, jan./dez, 1994.
- REZENDE, G.D.S.P.; BERTOLUCCI, F.de L.G.; RAMALHO, M.A.P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.45-50, 1994.
- RIEMENSCHNEIDER, D.E. Heritability, age-age correlations, and inferences regarding juvenile selection in Jack Pine. **Forest Science**, Bethesda, v.34, n.4, p.1076-1082, Dec. 1988.
- SANTOS, P.E.T. dos; MORI, E.S.; MORAES, M.L.T. de. Potential for breeding programmes, genetic parametres estimates and progenies x enviroment interaction in *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake population. **IPEF International**, Piracicaba, n.2, p. 1-9, 1992.
- SILVA, J.V. **Variabilidade genética em progêniesde *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e sua interação com espaçamento**. Viçosa: UFV, 1990. 110p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Floretais).
- SMITH, C.K.; WHITE, T.L.; HODGE, G.R. Genetic variatioin second-year slash pine shoot traits and their relationship to 5- and 15-year volume in the field. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.42, n.4-5, p.266-275, 1993.
- SOUZA, S.M. de; REZENDE, M.D.V. de; SILVA, H.D. da ; HIGA, A.R. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., em diferentes regiões do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.1, p.1-17, jan./abr. 1992.
- SQUILLACE, A.E.; GANSEL,C.R. Juvenile-mature correlations in slash pine. **Forest Science**, Bethersda, v.20, n.3, p.225-229, Sept. 1974.
- TORGGLER, M.G.F. **Variação genética entre progênies dentro de procedências de *Eucalyptus saligna* Smith**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 198p. (Dissertação - Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- VARGAS-HERNANDES, J.; ADAMS, W.T. Age-age correlation and early selection for wood density in young coastal Douglas-fir. **Forest Science**, Bethesda, v.38, n.2, p.467-478, Apr, 1992.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VEIGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.137-214.

WAKELEY, P.C. Relation of thirtieth-year to earlier dimensions of southern pines. **Forest Science**, Bethesda, v.17, n.2, p.200-209, 1971.

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



APÉNDICE

TABELA 1A. Resumo das análises de variância por local e por idade, para DAP (cm), a nível de indivíduo, obtidas dos experimentos de avaliação de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia-MG.

		Presidente Olegário				Brasilândia			
FV	GL	QM							
		Idades (meses)							
		17	31	43	80	17	31	43	80
Bloco	7	15,09**	17,92**	12,97*	24,87*	15,19**	11,14**	4,44	21,87*
Famílias	114	10,59**	26,05**	40,59**	62,20**	10,29**	23,80**	35,55**	56,12**
Erro	798	1,65	3,67	5,579	8,83	1,66	3,54	5,08	8,74
CVe (%)		9,01	10,05	10,64	12,05	9,27	9,69	9,93	11,20
Média (m)		5,94	7,94	9,27	10,47	5,79	8,09	9,48	11,16
K		5,77	5,75	5,73	5,54	5,76	5,75	5,73	5,60

TABELA 2A. Resumo das análises de variância por local e por idade, para altura (m), a nível de indivíduo, obtidas dos experimentos de avaliação de famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, nos municípios de Presidente Olegário e Brasilândia-MG.

FV	GL	Presidente Olegário				Brasilândia			
		QM	Idades (meses)			QM	Idades (meses)		
Bloco	7	72,37**	58,25**	108,69**	40,16**	37,69**	26,69**	13,67**	38,96**
Famílias	114	25,54**	40,64**	77,90**	144,11**	14,34**	25,29**	48,59**	88,14**
Erro	798	2,15	3,58	7,24	11,63	1,76	3,24	5,39	11,12
CVe (%)		9,54	8,30	9,26	9,35	8,60	8,11	8,32	9,38
Média (m)		6,40	9,51	12,13	15,50	6,42	9,26	11,66	15,02
K		5,77	5,75	5,73	5,54	5,76	5,75	5,73	5,60
		17	31	43	80	17	31	43	80



K	2'33	2'32	2'33	2'29	2'30	2'32	2'33
Wieder (00)	0'40	0'21	13'11	12'20	0'45	0'30	11'00
CAC (00)	0'24	0'30	0'30	0'32	0'00	0'11	0'35
Euro	3'12	3'28	3'34	11'03	1'30	3'34	2'30
Ergebnis	32'21**	40'24**	43'00**	194'11**	14'34**	52'50**	48'20**
Ergebn	35'42**	28'32**	408'60**	80'10**	31'08**	50'00**	13'02**

JA	93	93	80	93	80	93	80
GR	1999 (ab 2000)						

GR	OM
GR	OM

YKO
 Anlage zur Bilanz der ...

AMT ...

