

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE**

***Eucalyptus benthamii* MAIDEN et CAMAGE**

RODOLFO MANOEL LEMES DA COSTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Ciência  
Florestal.

Botucatu - SP

Fevereiro de 2014.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE**

***Eucalyptus benthamii* MAIDEN et CABBAGE**

RODOLFO MANOEL LEMES DA COSTA

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Edson Seizo Mori

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Ciência  
Florestal.

Botucatu - SP

Fevereiro de 2014.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

C837v Costa, Rodolfo Manoel Lemes da, 1988-  
Variabilidade genética e seleção de progênies de *Eucalyptus benthamii* maiden et cambage em telêmaco Borba -Pr / Rodolfo Manoel Lemes da Costa. - Botucatu : [s.n.], 2014  
75 f. grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014  
Orientador: Edson Seizo Mori  
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Melhoramento genético. 2. Eucalipto - influencia do clima. 3. Eucalipto - Seleção. 4. Genética florestal. 4. Plantas - População. I. Mori, Edson Seizo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "VARIABILIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE  
*Eucalyptus benthamii* MAIDEN et CABBAGE"

ALUNO: RODOLFO MANOEL LEMES DA COSTA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

PROF. DR. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

PROF. DR. ADMIR LOPES MORA

Data da Realização: 28 de fevereiro de 2014.

**Dedico:**

A memória do meu avô Lindolfo.

A meus pais José Luiz e Maria Ligia, minha irmã Louise e namorada Alana.  
Sem vocês a vida não faria sentido algum. Tudo que sou devo e dedico a vocês.  
Muito obrigado.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por todas as bênçãos e por ter me dado minha família, minha namorada e todos os meus amigos e todas as pessoas que de alguma maneira foram importantes em minha vida.

A meu pai José Luiz e minha mãe Maria Ligia que são a minha base, muito obrigado pelo amor, carinho, dedicação e por todas as oportunidades que me deram sempre, me possibilitando de buscar os meus sonhos.

A minha irmã Louise a grande alegria da família, uma grande benção para todos, muito obrigado por me receber sempre de braços abertos.

A mulher da minha vida Alana, por todo o amor, todas as alegrias, por sempre estar ao meu lado me mostrando as alternativas perante todas as dificuldades e por sempre acreditar na minha capacidade. Eu te amo e vou te amar sempre.

Ao meu orientador Professor Doutor Edson Seizo Mori pela grande honra de ser meu orientador a seis anos, por todas as oportunidades, todos os ensinamentos profissionais e pessoais, amizade e pela contribuição na minha formação profissional e humana.

Ao Doutor Admir Lopes Mora que eu considero um grande amigo, pelos conselhos, pelo exemplo de vida pessoal e profissional. Tenho uma grande admiração e me sinto muito honrado pela participação na minha banca.

Ao Professor Doutor Mario Luiz Teixeira de Moraes pela prontidão em participar da minha banca, por todas as sugestões e por todos os ensinamentos.

Ao Doutor Léo Zimback, pela participação na minha qualificação, contribuindo para a melhoria deste trabalho.

A empresa Klabin por liberar os dados para a execução deste trabalho.

A Regiane Abjud Estopa por todo o apoio desde a realização do meu estágio até a execução deste trabalho, pela amizade, todas as oportunidades, auxílio em diversos momentos e pela grande contribuição na minha formação.

Ao Fabrício Antônio Biernaski, supervisor e amigo que me ensinou muito durante o meu estagio, agradeço muito pela contribuição na minha formação.

Ao César Santana por todo o apoio durante o meu estagio na Klabin, que foi fundamental para minha formação, pela grande amizade, palavras de incentivo e por acreditar no meu trabalho.

Aos meus tios Nelson e Adelaide por todo o apoio em todos os momentos que mais necessitamos.

Aos meus avós Francisca e Lindolfo (in memorian) e Conceição (in memorian) e Manoel (in memorian), por tudo de bom que representam para mim e toda a família.

Aos meus tios Vânia, Marcos, Ângela, Beto, Inês, José Omar, Cida, Ari, Ester e a todos os meus primos e primas Luciana, Giovanna, Pedro, Willian, Paulo, Beto...

Ao meu sogro Maiolo, minha sogra Neide e minha cunhada Ananda.

Aos meus grandes amigos Kartilagem, Molejo, Medusa, Belco, Leal, Raoni, Darlin, Luis, Fred, Vicente, uns presentes a mais tempo que outros mas que sempre estiveram ao meu lado nos melhores momentos e naqueles onde mais necessitei.

Aos meus grandes amigos do basquete Anderson, Leal, Lucão, Fer, Bala e também a toda galera.

A minha eterna casa a Republica Manicômio por todos os bons momentos passados entre amigos.

Aos amigos da Republica Nóstravamus pela recepção durante os últimos meses em Botucatu.

A UNESP e todos os meus professores, pela contribuição na minha formação até eu me tornar Engenheiro Florestal e agora como mestre em Ciência Florestal.

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior, pela bolsa de estudos durante o mestrado.

Ao Teotônio Assis por todos os ensinamentos e apoio na busca por oportunidades.

A Kátia Silva e Vicente Dias pela oportunidade de trabalhar na Jari Celulose, por terem acreditado no meu potencial e pela amizade.

A equipe da pesquisa da Jari Celulose, pela amizade e por todo o conhecimento adquirido.

A todas as pessoas que um dia me deram uma oportunidade ou que foram responsáveis por alguma oportunidade em minha vida.

Ao amigo que contribui de alguma maneira e ficou fora desta relação.

“Escolhe um trabalho de que gostes e não terás que trabalhar nenhum dia em tua vida”

Confúcio

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
1 - INTRODUÇÃO .....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	7
2.1. <i>Eucalyptus benthamii</i> .....	7
2.2 Melhoramento e Variabilidade Genética .....	9
3.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Material Genético .....	11
3.2 Local e delineamento experimental. ....	12
3.3. Estimativa dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento .....	14
3.4. Análise Conjunta - Interação genótipos x ambientes para crescimento. ....	16
3.5 Correlações Genéticas entre os caracteres de crescimento. ....	16
3.6. Ganhos na seleção pelo índice multi-efeitos.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1. Análise Individual (Sobrevivência das Progenies). ....	19
4.2. Análise Individual para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm). ....	22
4.3. Análise Individual para o caráter Altura de plantas (ALT m). ....	29
4.4. Análise Individual para Volume individual (VOL m <sup>3</sup> /árvore). ....	36
4.5. Coeficiente de Variação Relativo ( <b>CV<sub>r</sub></b> ). ....	44
4.6. Análise Conjunta para o caráter Diâmetro à altura do peito (DAP cm). ....	46
4.7. Análise Conjunta para o caráter Altura de plantas (ALT m). ....	48
4.8. Análise Conjunta para o caráter Volume individual (VOL m <sup>3</sup> /árvore). ....	50
4.9. Correlações Genéticas.....	52
4.9.1. Correlações genéticas entre caracteres. ....	52
4.9.2. Correlações genéticas entre idades.....	53
4.10. Seleção segundo o índice de Multi-efeitos. ....	56
5. CONCLUSÕES.....	62
6. REFERÊNCIAS .....	64
Apêndice.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Locais dos experimentos, coordenadas geográficas e altitudes.....	13
Tabela 2: Sobrevivência dos indivíduos em função do local e idade e análise da Razão de Verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ).....	21
Tabela 3: Estimativas da média de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP), estudados nos diferentes locais e idades, em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	24
Tabela 4: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm) em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba - PR.....	26
Tabela 5: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênies ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm) estudado para os diferentes locais e idades, em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR....	27
Tabela 6: Estimativas da média de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Altura de plantas estudadas nos diferentes locais e idades, em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	31
Tabela 7: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), variância genética aditiva dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_{ad}^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Altura de plantas (ALT m) em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba - PR.....	32
Tabela 8: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênies ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Altura de plantas (ALT m), estudado para os diferentes locais e idades, em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	34
Tabela 9: Estimativas da média de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Volume de plantas estudadas nos diferentes locais e idades, em progênies de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	38

Tabela 10: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), variância genética aditiva dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_{ad}^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Volume individual (VOL m <sup>3</sup> /árvore) em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba - PR.....	39
Tabela 11: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênes ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Volume individual (VOL m <sup>3</sup> /árvore), estudado para os diferentes locais e idades, em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	41
Tabela 12: Coeficiente de Variação relativo para os três caracteres avaliados.....	45
Tabela 13: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP) em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	48
Tabela 14: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Altura de Plantas (ALT m) em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	50
Tabela 15: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Volume individual (VOL m <sup>3</sup> /árvore) em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> , em Telêmaco Borba – PR.....	52
Tabela 16: Correlações Genéticas entre caracteres estimadas nos locais L1, L2 e L3, aos três e sete anos de idade, em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> .....	53
Tabela 17: Correlações Genéticas entre caracteres estimadas nos locais L1 e L3, aos três, cinco e sete anos de idade, em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> .	54
Tabela 18: Correlações Genéticas entre idades para cada caráter estimadas nos locais L1, L2 e L3, aos três e sete anos de idade, em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> .....	55
Tabela 19: Correlações Genéticas entre idades para cada caráter estimadas nos locais L1 e L3, aos três, cinco e sete anos de idade, em progênes de <i>Eucalyptus benthamii</i> .....	56
Tabela 20: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos sete anos de idade no local L3.....	58
Tabela 21: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos sete anos de idade no local L3.....	60
Tabela 22: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos sete anos de idade no local L3.....	62

VARIABILIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus benthamii*  
MAIDEN et CAMBAGE

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos: (a) Estudar a variabilidade genética de *Eucalyptus benthamii* por meio dos parâmetros genéticos para caracteres quantitativos para subsidiar estratégias para programas de melhoramento; (b) Avaliar as correlações genéticas entre caracteres e entre as diferentes idades com intuito de determinar o melhor parâmetro e idade para se realizar a seleção dos melhores indivíduos e (c) Selecionar os indivíduos superiores por meio do método do Índice de Multi-efeitos. O material genético utilizado neste trabalho corresponde a 34 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii*, dispostas em três experimentos em blocos casualizados, variando o número de progênies, número de repetições e número de plantas por parcela, situados em Telêmaco Borba - PR. Os experimentos foram mensurados aos três, cinco e sete anos para os caracteres diâmetro à altura do peito, altura de plantas e volume de madeira. Os parâmetros genéticos foram estimados por meio do procedimento REML/BLUP. Houve diferenças significativas (variando em nível de 5% e 1% de probabilidade) entre as progênies para os caracteres

avaliados. As progênies apresentaram bom desenvolvimento quando comparados com diversos trabalhos em literatura. Os coeficientes de variação experimental e os coeficientes de determinação dos efeitos de parcela apresentaram valores de baixa magnitude, não havendo grande influência do ambiente sobre a estimativa dos parâmetros genéticos. Os coeficientes de variação genética mostraram que existe variabilidade genética entre as progênies, e assim, por meio de seleção é possível obter ganhos em produtividade. Portanto, conclui-se que existe variabilidade genética, suficiente para a condução de programas de melhoramento genético, na população de *Eucalyptus benthamii*, provenientes de Kedumba Valley, NSW, Austrália. Os caracteres de crescimento estão altamente correlacionados do ponto de vista genético e fenotípico. A correlação genética entre idades mostrou que é possível selecionar os indivíduos superiores para o volume de madeira aos três anos de idade podendo-se assim reduzir o tempo de avaliação em programas de melhoramento. Por meio da seleção de cinco por cento dos melhores indivíduos pelo índice de Multi-efeitos pode-se obter ganho genético de 15,7%, aos sete anos de idade e ganhos de 18,0% aos três anos de idade, demonstrando o potencial de aplicação da seleção precoce. A seleção do ponto de vista da silvicultura gerou ganhos de 7,1% aos três anos de idade.

Palavras Chave: correlações genéticas; *Eucalyptus benthamii*; melhoramento florestal; seleção; tolerância à geadas.

GENETIC VARIABILITY AND SELECTION OF *Eucalyptus benthamii* MAIDEN et CAMBAGE PROGENIES. Botucatu, 2014. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

Author: Rodolfo Manoel Lemes da Costa

Adviser: Edson Seizo Mori

This work aimed to: (a) Study the genetic variability of *Eucalyptus benthamii* through genetic parameters for quantitative traits to develop strategies for breeding programs; (b) Evaluate the genetic correlation between ages and between traits to determine the best parameter and age to select the superior individuals; and (c) Select the superior individuals by Multi-Effects Index. The genetic material used was 34 open pollination progenies of *E. benthamii*, arranged in three trials by randomized block design, varying the number of progenies, replications, and plants per plot, in Telemaco Borba municipality, PR, Brazil. The trials were measured by three, five, and seven years old for diameter at breast height, plant height, and wood volume. The genetic parameters were estimated by REML/BLUP procedure. There were significant differences (at 1% and 5% probability level) between the progenies for all evaluated traits. The progenies have shown good performance when compared with literature. The values of coefficients of experimental variation and the coefficient of determination values of plot effects have shown low magnitude values, there was no high influence of the environment on the genetic parameters. The coefficients of genetic variation showed there is genetic variability among progenies, and then by selection is possible to obtain yield gains. Therefore, we concluded that there is sufficient genetic variability in *Eucalyptus benthamii* population, from Kedumba Valley, NSW, Australia, to develop genetic breeding programs. The growth traits are highly genetic and phenotypic correlated. The genetic correlation between ages showed that is possible to select superior individuals for wood volume through three years old, and reducing the time of evaluation in breeding programs. Through the five percent of selection of the best individuals by Multi-Effects Index we can obtain genetic gain of 15.7%, by seven years old and 18.0% by three years old, demonstrating the potential of early selection. The selection focusing silviculture showed 7.1% gains through three years old.

Keyword: genetic correlations; *Eucalyptus benthamii*; forest tree Improvement; selection; frost tolerance.

## 1 - INTRODUÇÃO

O setor florestal tem grande importância para a sociedade brasileira, em termos econômicos, sociais e ambientais, contribuindo com a geração de produtos, tributos, empregos, bem estar e também contribuindo para a conservação e preservação dos recursos naturais. Isto pode ser observado por meio de alguns indicadores, o Brasil tem cerca de 6.515.844 de hectares com florestas plantadas para fins comerciais, estas são responsáveis pela preservação de 4.315.618 hectares de florestas nativas na forma de APPs, Reservas legais e Reservas Particulares (RPPNs). Com relação à questão econômica e social o setor foi responsável por 19,2% do saldo da balança comercial brasileira no ano passado, gerou cerca de R\$ 7,6 bilhões em tributos além de ser responsável pela geração e manutenção de 4,7 milhões de empregos, diretos, indiretos e resultantes do efeito-renda. Dos 6.515.844 hectares de floresta plantadas no Brasil, 74,8% são de espécies do gênero *Eucalyptus*, totalizando 4.873.952 hectares, apresentando um crescimento de 2,5% em relação ao ano de 2010 (ABRAF, 2012). O Eucalipto é a base para o abastecimento de matéria prima para as grandes indústrias de base florestal, como as que produzem papel e celulose, carvão vegetal para siderurgia, painéis de madeira, além de poder ser utilizado para outros fins como madeira serrada, postes, bioenergia, cercas, etc. (ASSIS e RESENDE, 2011).

Em um contexto geral nos últimos anos o eucalipto vem aumentando o total de áreas plantadas, pois vem substituindo algumas áreas onde se tinha plantios de Pinus (ABRAF, 2012), devido principalmente à alta produtividade que atinge números de 46 podendo chegar até  $62 \text{ m}^3 \cdot \text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ . Esta alta produtividade das florestas brasileiras deve-se às condições favoráveis do solo e do clima e ao alto nível tecnológico da silvicultura (STAPE et al., 2010). Neste avanço destaca-se, também, o melhoramento genético que propiciou ganhos de grande magnitude (CAIXETA et al., 2003). Os principais objetivos do melhoramento de espécies florestais são: o aumento da produtividade, a obtenção de matéria-prima de maior qualidade, a melhoria nas condições adaptativas das espécies, a tolerância a pragas e doenças e ainda a manutenção da variabilidade genética, requisito fundamental para a obtenção de ganhos genéticos em longo prazo (MORI, 1993).

Porém nos estados sul do país ainda é predominante a cultura do pinus, devido a condições ambientais desfavoráveis a maioria das espécies de *Eucalyptus*, principalmente a ocorrência de geadas com maior frequência. Entretanto a partir dos objetivos do melhoramento é possível selecionar e multiplicar genótipos resistentes a condições adversas do ambiente, possibilitando ao *Eucalyptus* se estabelecer em locais onde ocorre geadas, uma das maneiras de possibilitar isso é utilizando a variabilidade das diferentes espécies do gênero, pois elas apresentam diferentes características (FONSECA et al., 2011), onde algumas se destacam em ambientes mais específicos. Dentre elas está o *Eucalyptus benthamii* que tem mostrado elevada tolerância a geadas, rápido crescimento, boa forma de fuste e alta homogeneidade do talhão, estas características demonstram que está pode ser uma excelente opção para reflorestamentos, em regiões que ocorrem geadas frequentes e severas (GRAÇA et al., 1999).

No entanto, as populações de *E. benthamii* na Austrália estão ameaçadas de extinção, pois sofreram grandes pressões antrópicas sendo reduzidas a pequenos fragmentos, com poucos indivíduos, que hoje estão localizados dentro de parques nacionais que são protegidos por lei no país, assim não se podendo coletar material vegetal, incluindo sementes que seriam importantes para o aumento da base genética para os programas de melhoramento florestal. Portanto, é necessário se trabalhar dentro do possível toda a variabilidade genética disponível para se ter ganhos duradouros, além de se conservar a espécie em longo prazo (HIGA e PEREIRA, 2003; BUTCHER et al., 2005; DUQUE SILVA, 2008).

Com esses fatos, a hipótese do trabalho é de que possam existir restrições na base genética do *E. benthamii*, e portanto, fazendo com que medições de sua variabilidade genética sejam importantes para melhor aquilatar os procedimentos, métodos e estratégias de melhoramento genético adequados para garantir ganhos presentes e de longo prazo. Avaliações mais precisas de populações existentes no Brasil poderiam melhor subsidiar programas de melhoramento genético e de conservação de germoplasma podendo-se abrigar o máximo da variabilidade possível da espécie.

Para estudos de variabilidade em testes de progênies podem ser utilizados caracteres quantitativos relacionados ao crescimento dos indivíduos. Devido a importância e potencialidades do *E. benthamii*, o presente estudo visou gerar conhecimento sobre o material genético estudado por meio dos caracteres quantitativos de crescimento, delineando estratégias e metas para programas de melhoramento.

Os objetivos desse trabalho foram:

- a. Estudar a variabilidade genética de *Eucalyptus benthamii* por meio dos parâmetros genéticos para caracteres quantitativos para subsidiar estratégias para programas de melhoramento;
- b. Avaliar as correlações genéticas entre caracteres e entre as diferentes idades com intuito de determinar o melhor parâmetro para se realizar a seleção dos melhores indivíduos e
- c. Selecionar os indivíduos superiores por meio do método do Índice de Multi-efeitos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Eucalyptus benthamii*

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage, conhecido como “Candem White Gum”, é uma espécie de rara distribuição, sendo que as últimas populações e indivíduos estão no litoral de New South Wales, a sudoeste da cidade de Sydney, Austrália, nas planícies ao longo do Rio Nepean e seus afluentes. O *E. benthamii* naturalmente ocorria em solos férteis, por isso sofreu grande pressão e competição com pastagens e grande parte dos indivíduos foram inundados com a construção da represa de Warragamba (HIGA e PEREIRA, 2003). A necessidade de solos mais férteis tornou a espécie muito vulnerável durante a expansão da fronteira agrícola na Austrália (PRYOR, 1981). O *E. benthamii* esta na lista de plantas raras ameaçadas da Austrália, (LEIGH et al.,1981) e na lista de espécies de *Eucalyptus* em perigo, (PRYOR, 1981). Segundo BUTCHER et al. (2005), a espécie está confinada a uma população de cerca de 6500 árvores no vale de Kedumba e três populações remanescentes nas áreas ao entorno do Rio Nepean na bacia Bents (cerca de 300 árvores), Wallacia (nove árvores) e Camden (cerca de 30 árvores).

Essa diminuição no tamanho das populações se deu principalmente a fragmentação do habitat, esta que pode ter efeitos imediatos e de longo

prazo sobre a abundância e diversidade dos ecossistemas. Os efeitos imediatos referem-se à redução no tamanho da população e declínio da diversidade genética, geralmente atribuída à perda de alelos raros quando indivíduos são perdidos da população (PROBER e BROWN, 1994), em longo prazo a fragmentação leva ao isolamento dos indivíduos da espécie alterando os padrões de fluxo gênico, aumentando o fluxo de genes dentro e entre populações (YOUNG et al., 1996), ou reduzindo o fluxo gênico da espécies por meio de insetos polinizadores, pois as árvores remanescentes podem estar a distâncias que impossibilitam a polinização por estes pequenos insetos (CUNNINGHAM, 2000).

A redução do fluxo gênico pode levar a endogamia, que é quando ocorre hibridação entre indivíduos aparentados, na maioria das espécies de que têm um sistema reprodutivo misto, ou seja, que praticam autofecundação e polinização cruzada. Efeitos adversos da endogamia têm sido relatados sobre a produção de sementes, germinação, viabilidade e crescimento em vários eucaliptos (HODGSON, 1976; GRIFFIN e COTTERILL 1988; HARDNER e POTTS, 1995) e isso é uma grande ameaça à viabilidade em longo prazo das pequenas populações fragmentadas. Declínios em diversidade também podem limitar a capacidade da espécie responder a pressões de seleção e mutação (FRANKEL et al., 1995), limitando assim a sobrevivência a longo prazo. Outra ameaça é o fluxo genético entre espécies, GRIFFIN et al. (1988), demonstraram a ocorrência de hibridação com *E. viminalis* que ocorre naturalmente na região de Candem, porém pode ocorrer a hibridação com outras espécies de *Eucalyptus* que estão no mesmo Subgênero *Symphyomyrthus* do *E. benthamii* (FONSECA et al., 2011).

No Brasil a espécie tem grande potencial para plantio na região Sul devido a sua tolerância e resiliência a geadas e também devido à qualidade da madeira para o uso como carvão, lenha e celulose, entretanto a aquisição de material genético suficiente para a condução de um programa de melhoramento é dificultada (HIGA e PEREIRA, 2003), pois como foi dito acima, as áreas com fragmentos naturais onde se encontra essa espécie foram transformadas em Parques Nacionais, ou seja, a coleta de material genético nessas populações naturais é vedada por Lei (DUQUE SILVA, 2008). Com isso é necessário utilizar os matérias já existentes no país (HIGA e PEREIRA, 2003).

## 2.2 Melhoramento e Variabilidade Genética

O melhoramento genético tem um papel fundamental no desenvolvimento da cultura do Eucalipto no Brasil, sendo que possibilitou grandes avanços na produtividade, melhor estabilidade e adaptação a condições de estresses bióticos e abióticos e melhorias na qualidade dos produtos provenientes da madeira das espécies do gênero. O melhoramento utilizou e continua utilizando diversas tecnologias para possibilitar essas melhorias como os métodos de seleção, métodos de experimentação, ferramentas computacionais avançadas e também técnicas relacionadas com a biotecnologia.

Para obter o aproveitamento ótimo dos materiais genéticos disponíveis, os programas de melhoramento devem ser conduzidos de maneira que sejam desenvolvidos materiais genéticos superiores, mas também com a preocupação de que a recuperação e manutenção de populações sejam metas prioritárias (CRUZ, 2005), pois para a obtenção de ganhos genéticos ressalta-se a importância do monitoramento da base genética, a fim de evitar perdas excessivas de variabilidade, o que compromete os objetivos do programa de melhoramento (MORI, 1993).

A variação biológica é um resultado do processo evolutivo que foram submetidas às populações, proporcionando indivíduos adaptados a cada tipo de ambiente (PIRES et al., 2011).

Estudos sobre a variabilidade genética das espécies são importantes e essenciais para definir e traçar as melhores estratégias possíveis para a conservação da espécie, coleta de germoplasma, além de o conhecimento da estrutura genética de populações de melhoramento, otimizar as estratégias para aumento dos ganhos e também pode ser utilizado em estudo de associação genética entre características (GRATTAPAGLIA et al., 2012). A manutenção da diversidade genética é importante para manter a capacidade natural de responder a mudanças climáticas e a estresses bióticos e abióticos e é necessário avaliar a biodiversidade em razão da perda da diversidade genética devido principalmente a ação do homem (BUENO, 2001), como ocorreu com o *Eucalyptus benthamii* (HIGA e PEREIRA, 2003; SKINNER, 2003; BUTCHER, et al., 2005).

Os estudos de variabilidade genética entre os indivíduos podem ser realizados por meio de características morfológicas, de processos bioquímicos e

metabólicos e também por fragmentos de DNA, que são chamados de marcadores moleculares genéticos (BORÉM e MIRANDA, 2009).

### 3.1. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material Genético

O material genético utilizado neste trabalho corresponde a 34 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii*, originadas de sementes colhidas em Kedumba Valley, New South Wales – Austrália, região de ocorrência natural, onde se tem alguns dos últimos remanescentes da espécie (33°49'23" Latitude Sul; 150°21'57" Longitude Oeste; 146 metros de Altitude) (Figura 1).

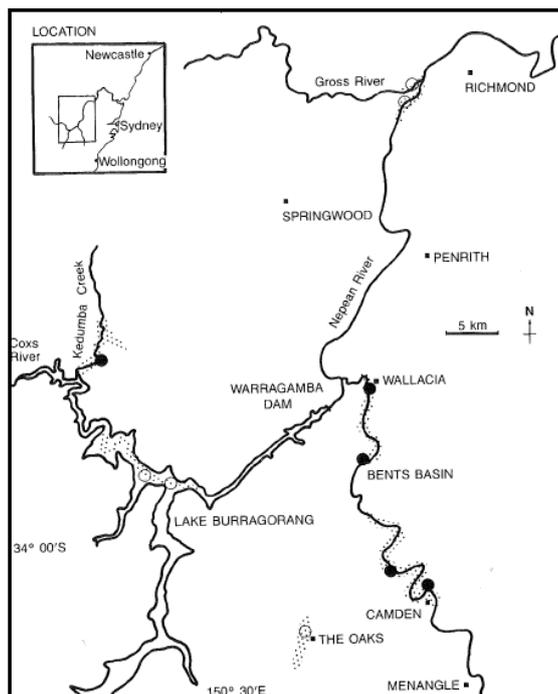


Figura 1: Distribuição geográfica do *Eucalyptus benthamii*, círculos representam as áreas de ocorrência da espécie, círculos pretos ainda existem indivíduos, áreas hachuradas indicam a distribuição da espécie antes da ação antrópica.

### 3.2 Local e delineamento experimental.

Foram utilizados três testes de progênes de polinização aberta de *Eucalyptus benthamii*, pertencentes à empresa florestal Klabin S.A., localizados em Telêmaco Borba (PR), onde o clima predominante é o subtropical transicional para o temperado, úmido, mesotérmico, sem estação seca definida (Cfa/Cfb), verões quentes que tendem a concentrar chuvas e no inverno, as geadas ocorrem com pouca frequência. A precipitação anual é de 1600 mm, a temperatura média anual é de 18,5° C.

Estes testes foram implantados em três locais dispersos pelas áreas da Klabin S.A. de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 1: Locais dos experimentos, coordenadas geográficas e altitudes.

Região Florestal	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
L1	24°19'50"	50°40'40"	790
L2	24°12'20"	50°51'30"	800
L3	24°20'15"	50°24'40"	750

O primeiro teste foi implantado em janeiro de 1996 e o segundo e o terceiro foram implantados em janeiro de 1997. O espaçamento entre plantas foi de 3,0 x 2,5 metros para os três experimentos, nenhum dos experimentos recebeu adubação e o único evento considerado fora do normal foi uma geada muito forte que ocorreu no ano de 2000 que afetou o experimento que está no local L3. A geada foi tão severa que dos 14 experimentos que estavam na região afetada, apenas o experimento de *Eucalyptus benthamii*, foi onde sobreviveu grande parte das árvores.

Foram realizadas as mensurações dos caracteres de crescimento, Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm), Altura Total (ALT m) e Volume de madeira (VOL m<sup>3</sup>). O volume de madeira foi calculado por meio de equações específicas para materiais genéticos de *Eucalyptus benthamii* desenvolvidas pela empresa Klabin S.A.:

$$\text{VOLUME} = \exp(-9,46081 + 1,92690 * \ln(\text{DAP}) + 0,79453 * \ln(\text{ALTURA}))$$

Para todas as análises foram utilizados os dados de mensurações do terceiro, quinto e sétimo ano após a implantação dos experimentos, sendo que, os locais L1 e L3 apresentam dados de mensuração das três idades citadas, e o local L2 apresenta dados de mensuração apenas do terceiro e do sétimo ano.

Os experimentos estão em delineamento em blocos casualizados, variando o número de tratamentos (progênies), o número de repetições e número de plantas por parcela em cada experimento. O local L1 apresenta 34 progênies, nove repetições e seis plantas por parcela (neste experimento não foram utilizadas testemunhas). O local L2 apresenta 32 progênies e uma testemunha (proveniente de sementes de *Eucalyptus dunnii*), cinco repetições e dez plantas por parcela. O local L3 apresenta 31 progênies e uma testemunha (provenientes de sementes de *Eucalyptus saligna*), cinco repetições e dez plantas por parcela. Na análise individual foi mantido o número de árvores de cada experimento, entretanto na análise conjunta para estimação da interação entre os genótipos e os ambientes, os dados foram padronizados para os três locais, ou seja, foram utilizados os dados de cinco repetições e seis plantas por parcela, seguindo o delineamento do experimento do local L1, os indivíduos foram retirados de maneira aleatória, com o intuito de não influenciar os resultados das análises conjuntas.

### 3.3. Estimativa dos parâmetros genéticos para os caracteres de crescimento

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram realizadas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP), a partir dos dados de altura, diâmetro e volume de plantas (RESENDE, 2007). Além de estimar os parâmetros genéticos por meio do REML, também estima os valores genotípicos ou médias genotípicas ajustadas de progênes e os valores genéticos aditivos e genotípicos individuais pelo procedimento BLUP, assumindo que as progênes são de meios-irmãos. Para este trabalho os dados foram avaliados considerando que as progênes são de meios-irmãos, no delineamento em blocos ao acaso, com varias plantas por parcela, uma medição por individuo, foi utilizado o modelo linear misto (modelo 93) conforme descrito por Resende (2007):

$$y = Xb + Za + Wc + e;$$

onde:

y = vetor de dados;

b = vetor dos efeitos das repetições (assumidos como fixos) somados à média geral;

a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

c = vetor dos efeitos de parcela;

e = vetor do efeito dos erros ou resíduos

X, Z, W: matrizes de incidências para os referidos efeitos.

A seguir as expressões que serviram como base para a estimativa dos parâmetros genéticos:

1) Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ):

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\hat{a}'A^{-1}\hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(A^{-1}C^{22})}{q};$$

2) Variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ):

$$\hat{\sigma}_c^2 = \frac{\hat{c}'\hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}C^{33}}{s_1};$$

3) Variância residual (ambiental + não aditiva) ( $\hat{\sigma}_e^2$ ):

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{\hat{y}'y - \hat{r}'X'y - \hat{a}'Z'y - \hat{c}'W'y}{N - r(x)};$$

Onde:

$C^{22}$  e  $C^{33}$  vêm da inversa de C;

C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto;

$tr$ : operador traço matricial;

$r(x)$ : posto da matriz X;

$N$ ,  $q$ ,  $s$ : número de observações, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

4) Variância fenotípica individual ( $\hat{\sigma}_f^2$ ):

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_c^2 + \hat{\sigma}_e^2;$$

5) Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos:

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

6) Herdabilidade individual no sentido restrito, ajustado para os efeitos de parcela:

$$\hat{h}_{aj}^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

7) Herdabilidade da média de progênies:

$$\hat{h}_{mp}^2 = \frac{0,25 \hat{\sigma}_a^2}{0,25 \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{0,75 \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}{nr}};$$

Onde:

$n$  é o número de plantas por parcela;

$r$  é o número de repetições.

8) Herdabilidade aditiva dentro de parcela:

$$\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75 \hat{\sigma}_a^2}{0,75 \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

9) Coeficiente de variação genética aditiva individual:

$$CV_{gi}(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} X 100;$$

Onde:

$\hat{m}$  é a média geral do caráter.

10) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{\frac{0,75 \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}{n} + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{m}} X 100;$$

11) Coeficiente de variação relativa:

$$CV_r = \frac{CV_g}{CV_e};$$

12) Acurácia da seleção de progênies, assumindo sobrevivência completa:

$$\hat{r}_{aa} = \sqrt{\hat{h}_{mp}^2};$$

13) Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ):

$$\hat{C}_p^2 = \frac{\hat{\sigma}_c^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

### 3.4. Análise Conjunta - Interação genótipos x ambientes para crescimento.

Para a análise conjunta, avaliando progênies de consideradas de meios-irmãos, no delineamento de blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, uma medição por indivíduo e um só caráter, avaliado em várias locais (experimentos) com progênies comuns, foi utilizado o seguinte modelo linear misto (modelo 4):

$$y = Xr + Za + Wp + Ti + e,$$

Onde:

y é o vetor de dados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

p é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios);

i é vetor dos efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatórios); e

e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. O vetor r contempla todas as repetições de todos os locais (ajusta combinações repetição-local). Nesse caso, esse vetor contempla os efeitos de locais e de repetições dentro de locais. É essencial que as repetições sejam codificadas com diferentes números nos diferentes locais.

### 3.5 Correlações Genéticas entre os caracteres de crescimento.

Foram realizadas as análises de correlações genéticas entre os caracteres de crescimento estudados (DAP cm, ALT m e VOL m<sup>3</sup>), tal análise é baseada na seguinte expressão:

$$\hat{r}_{a(x,y)} = \frac{\widehat{COV}_{a(x,y)}}{\hat{\sigma}_{ax}\hat{\sigma}_{ay}}$$

Em que:

$r_{a(x,y)}$ : correlação genética aditiva entre os caracteres x e y;

$COV_{a(x,y)}$ : covariância genética aditiva entre os caracteres x e y;

$\sigma_{ax}$ : desvio padrão genético aditivo para o caráter x; e

$\sigma_{ay}$ : desvio padrão genético aditivo para o caráter y.

### 3.6. Ganhos na seleção pelo índice multi-efeitos.

A seleção dos melhores indivíduos foi realizada pelo método do índice de Multi-efeitos segundo Resende (2007a). Este método tem como vantagem a redução do peso que se é dado para a média geral das matrizes, permitindo assim uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas progênes testadas. A expressão do índice Multi-efeitos é:

$$\hat{I} = \hat{b}_1 Y_{ijk} + (\hat{b}_2 - \hat{b}_3) \bar{Y}_{i..} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_1) \bar{Y}_{ij.} - \hat{b}_3 \bar{Y}_{.j.} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_2) \bar{Y}_{...}$$

Onde:  $\bar{Y}_{...}$ : média geral do ensaio;  $Y_{ijk}$ : valor individual;  $\bar{Y}_{i..}$ : média da progênie no ensaio;  $\bar{Y}_{ij.}$ : média da progênie em determinado bloco (média da parcela);  $\bar{Y}_{.j.}$ : média do bloco;  $\hat{b}_1 = \hat{h}_d^2$ : herdabilidade, no sentido restrito, dentro de parcelas:  $\hat{b}_1 = [(3/4) \cdot \hat{\sigma}_A^2] / \hat{\sigma}_d^2$ ;  $\hat{b}_2 = \hat{h}_m^2$ : herdabilidade, no sentido restrito de média de parcelas:  $\hat{b}_2 = [(3 + nb) / (4nb)] \cdot \hat{\sigma}_A^2 / (\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 / b + \hat{\sigma}_d^2 / nb)$ ;  $\hat{b}_3 = \hat{h}_p^2$  herdabilidade, no sentido restrito, de progênes:  $\hat{b}_3 = [3 / (4n)] \cdot \hat{\sigma}_A^2 / [(\hat{\sigma}_d^2 / n) + \hat{\sigma}_e^2]$ ; b: número de blocos e n: número de plantas/parcela.

O tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) ou melhor nesse caso *Número Status* foi obtido com base em Resende (2002):

$$N_e = (4 \cdot N_f \cdot \bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\sigma_{kf}^2 / \bar{k}_f)]$$

Onde:  $N_f$ : número de progênes selecionadas;  $\bar{k}_f$ : número médio de indivíduos selecionados por progênie;  $\sigma_{kf}^2$ : estimativa da variância do número de indivíduos selecionados por progênie.

A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada

conforme Wei e Lindgren (1996), citados por Resende (2002):

$$D = N_{ef}/N_{fo}$$

Onde:  $0 < D \leq 1$  ;  $N_{fo}$  : número original de progênies,  $N_{ef}$  : número efetivo de progênies selecionadas, sendo dado por:  $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Análise Individual (Sobrevivência das Progênes).

As sobrevivências das progênes variaram de acordo com o local e idade da avaliação de campo, sendo que a média de sobrevivência para todos os locais e idades foi de 67,8%, no entanto houve variação nesse valor, no local L1 a média de sobrevivência para todas as idades foi de 80,1%, no local L2 a média de sobrevivência para todas as idades foi de 64,6% e para o local L3 a média de sobrevivência para todas as idades foi de 57,7%. Na tabela 2, observam-se os valores de sobrevivência por idade e local e também a significância dos efeitos genéticos que foram avaliados por meio da análise da Razão de Verossimilhança (LRT), a partir desses resultados, conclui-se que os valores de LRT foram significantes em nível de 1%, apenas o local L3 aos três anos de idade apresentou valor não significativo, com isso existem diferenças entre as progênes para o caráter sobrevivência (nos apêndices I, II e III estão presentes os valores de sobrevivência por progênie, idade e local).

Tabela 2: Sobrevivência dos indivíduos em função do local e idade e análise da Razão de Verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ).

LOCAL	3 ANOS		5 ANOS		7 ANOS	
	Média	LRT ( $\chi^2$ )	Média	LRT ( $\chi^2$ )	Média	LRT ( $\chi^2$ )
L1	85,4	42,95**	81,6	32,5**	78,1	39,11**
L2	69,3	8,76**	-	-	62,6	11,37**
L3	92,5	0,60	44,1	44,81**	43,4	39,79**

\*\* significativo a 1% , \*significativo a 5%, com 1 grau de liberdade;

Para os locais L1 e L2 a sobrevivência não variou muito ao decorrer dos anos, no entanto para o local L3 houve um grande decréscimo na sobrevivência à partir do quinto ano, isso pode ser explicado pois o local L3 sofreu grandes perdas nos indivíduos devido a uma geada que ocorreu quando o experimento tinha por volta de quatro anos de idade. Após este evento a sobrevivência novamente seguiu um padrão considerado normal. No gráfico 1, é possível observar o comportamento da sobrevivência em função do tempo, destacando a grande queda que houve do terceiro para o quinto ano no local L3.

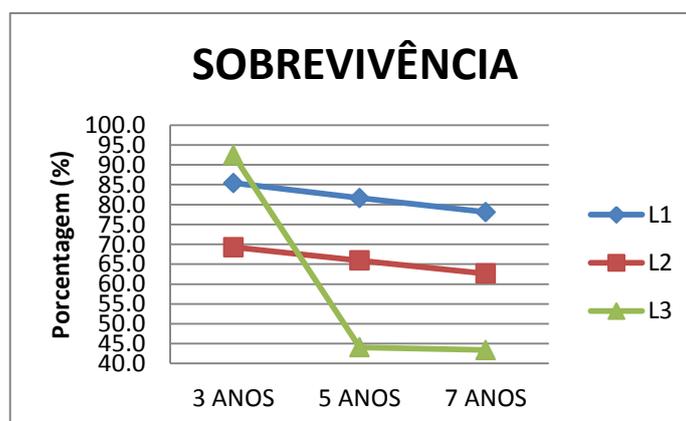


Gráfico 1: Sobrevivência das progênies de *Eucalyptus benthamii*.

Com relação às médias, os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos valores encontrados por Cappa et al. (2010), que estudaram progênies de *Eucalyptus viminalis*, em diversos experimentos na Argentina. A variação de sobrevivência em avaliação de progênies é muito observada. Chamshama et al. (1999), estudando progênies de *Eucalyptus tereticornis*, observaram sobrevivência variando entre 52% a 93% em diversos locais e experimentos instalados em Moçambique, enquanto Hunde et al. (2003), estudando progênies de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* na Etiópia, observaram sobrevivência média de 55,8% (valor muito próximo ao avaliado

nesse trabalho), variando de 44% a 70% para *E. grandis* e sobrevivência média de 51%, variando de 36% a 60% para *E. saligna*. Novamente Hunde et al. (2007), estudando progênies de *Eucalyptus globulus* na Etiópia, observaram média de sobrevivência de 51% (pouco inferior ao encontrado nesse trabalho), variando entre 36% a 60%. Luo et al. (2006) avaliaram progênies de *Eucalyptus pellita* onde no primeiro ano houve sobrevivência de 84,5%, no segundo ano a sobrevivência foi de 76,5%, no terceiro ano a sobrevivência foi de 55,7% e aos cinco anos a sobrevivência foi de 49,7%. Estes valores podem ser explicados pelas diferenças nas condições ambientais encontradas entre o local de origem das espécies estudadas e o local onde elas foram implantadas, com isso grande parte dos indivíduos não se adaptaram as condições diferentes e não sobreviveram.

#### 4.2. Análise Individual para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm).

Na Tabela 3, observa-se a significância dos efeitos genéticos que foram avaliados por meio da análise da Razão de Verossimilhança (LRT), a partir desses resultados, conclui-se que para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm) todos os valores de LRT foram significantes ao menos a 5%, sendo que aos três anos nos locais L1 e L3, aos cinco anos no local L3 e aos sete anos nos locais L2 e L3 o LRT foi significativo em nível de 1%.

Com relação ao desenvolvimento das progênies, observa-se na Tabela 3 que o DAP apresentou média de 10,04 cm nos três locais aos três anos de idade, sendo que L1 apresentou a maior média de DAP (11,73 cm) e o L3 apresentou a menor média de DAP (8,84 cm). Duque Silva (2008) observou média de 8,74 cm para progênies de *Eucalyptus benthamii* em diversos locais em Santa Catarina, sendo que o DAP variou de 4,33 a 10,87 cm, por volta dos três anos e meio de idade. Cappa et al. (2010) observaram média de 8,66 cm de DAP aos três anos de idade para progênies de *Eucalyptus viminalis* na Argentina, valor menor que a média encontrada no presente trabalho. No entanto Freitas et al. (2009) observaram média de 11,36 cm e 12,51 cm para progênies híbridas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* avaliadas em Belo Oriente e Guanhões em Minas Gerais. Aos cinco anos de idade a média de DAP foi de 16,13 cm, sendo que o L3 apresentou a maior média de DAP (17,06 cm) e o L1 apresentou a menor média de DAP (15,19 cm).

Na Tabela 3, observa-se que, na média, o DAP foi superior ao encontrado por Cappa et al. (2010), estudando progênies de *E. viminalis* na Argentina, onde a média aos cinco anos de idade foi de 15,07 cm, Luo et al. (2006) também observaram valores inferiores ao encontrado no presente trabalho, entretanto o material genético avaliado foi progênies de *Eucalyptus pellita* no Sul da China onde a média de DAP aos cinco anos foi de 12,8 cm. Aos sete anos de idade a média do DAP foi de 18,21cm, sendo que o L3 apresentou a maior média de DAP (20,66 cm) e o L2 apresentou a menor média de DAP (16,45 centímetros), Del Quiqui et al. (2001) observaram valores inferiores para progênies de *Eucalyptus camaldulensis* onde a média aos sete anos de idade foi de 15,29 cm em Campo Mourão – PR, entretanto no mesmo trabalho os autores observaram valores superiores para progênies de *Eucalyptus paniculata* onde a média foi de 19,29 cm aos sete anos de idade. Beltrame et al. (2012) observaram média de DAP aos

sete anos de 18,46 cm, pouco superior ao encontrado neste trabalho entretanto o autor avaliou clones de diversas espécies de Eucalipto.

Tabela 3: Estimativas da média de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP), estudados nos diferentes locais e idades, em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros			
		Média	$\hat{C}_p^2$	$CV_{exp}(\%)$	LRT ( $\chi^2$ )
3	L1	11,73	0,0056	13,21	7,14**
	L2	9,56	0,0179	10,59	4,84*
	L3	8,84	0,0024	11,28	41,80**
	<b>Média</b>	<b>10,04</b>	<b>0,0086</b>	<b>11,69</b>	<b>17,92</b>
5	L1	15,19	0,0059	14,40	6,44*
	L3	17,06	0,0061	6,18	19,74**
	<b>Média</b>	<b>16,13</b>	<b>0,0060</b>	<b>10,29</b>	<b>13,09</b>
7	L1	17,51	0,0059	15,36	5,99*
	L2	16,45	0,0082	11,62	9,92**
	L3	20,66	0,0142	6,84	22,63**
	<b>Média</b>	<b>18,21</b>	<b>0,0094</b>	<b>11,27</b>	<b>12,85</b>

\*\* significativo a 1% , \*significativo a 5%, com 1 grau de liberdade;

Pode-se observar, também na Tabela 3 que os Coeficientes de Variação experimental ( $CV_{exp}(\%)$ ) para o caráter DAP, onde houve uma variação entre os locais e idade avaliados. Aos três anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 11,69% para os três locais, no entanto o L2 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 10,59\%$ ) e o L1 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 13,21\%$ ). Aos cinco anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 10,29% para os dois locais, sendo que o L3 apresentou valor bem inferior ao L1 ( $CV_{exp} = 6,18\%$  e  $14,40\%$ , respectivamente). Aos sete anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 11,27%, sendo que o L3 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 6,84\%$ ) e o L1 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 15,36\%$ ). Estes valores foram semelhantes aos encontrados em trabalhos com *Eucalyptus* spp. (Rosado et al. 2009; Souza et al. 2011) e são considerados aceitáveis. Outro parâmetro importante é o coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), que de acordo com Resende (2002) mede a variabilidade das parcelas dentro dos blocos, sendo que uma estimativa de no máximo 10% não interfere na

estimativa dos parâmetros genéticos. Assim para o caráter DAP é possível afirmar que estes valores estão dentro do aceitável, pois em todos os locais e idades avaliados esse parâmetro foi inferior a 0,1 (que corresponde a 10%), com isso o ambiente teve pouca influencia nos experimentos, houve baixa variação entre as parcelas em todas as idade e locais avaliados para o caráter DAP. Segundo Pinto Junior (2004), que avaliou procedências de *Eucalyptus grandis* para o Volume de madeira, baixos valores deste coeficiente indicam baixa variabilidade ambiental, e eficiência do delineamento experimental utilizado.

Na Tabela 4, pode-se observar os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) que são utilizados para a o calculo dos Coeficientes de Variação respectivos. Para o caráter DAP aos três anos de idade os Coeficientes de Variação Genéticos Aditivos ( $CV_a$  (%)) apresentou média de 12,73%, variando de 8,67% a 19,48%, para o local L1 e L3 respectivamente, aos cinco anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 10,31%, variando de 9,29% a 11,32% nos locais L1 e L3 respectivamente e aos sete anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 12,51%, variando de 9,72% a 14,17% nos locais L1 e L2 respectivamente. De maneira geral os menores valores foram encontrados no local L1 e os maiores valores foram encontrados no local L3, no entanto aos sete anos de idade o maior valor foi observado no local L2. Esses valores observados demonstram que existe variabilidade genética entre os indivíduos, assim é possível obter ganhos por meio de métodos de seleção para o caráter DAP. O Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ (%)) apresentou valores de baixa magnitude para o caráter DAP em todos os locais e idade avaliados, sendo que de maneira geral os maiores valores foram observados no local L2 e os menores valores foram observados no local L3, este parâmetro esta indicando que existe pouca variação entre as parcelas do experimento, minimizando os efeitos do ambiente sobre o cálculo dos parâmetros genéticos. O Coeficiente de Variação Fenotípico ( $CV_f$ (%)) apresentou valores de alta magnitude, aos três anos de idade este parâmetro apresentou média de 33,41% e variou de 31,43% a 36,59% nos locais L2 e L3 respectivamente. Aos cinco anos de idade o  $CV_f$ (%) apresentou média de 27,45% variando de 19,81% a 35,08% nos locais L3 e L1 respectivamente. Aos sete anos de idade o  $CV_f$ (%) apresentou média de 31,64% variando de 21,38% a 37,38% nos locais L3 e L2 respectivamente, não houve tendências de locais apresentarem sempre os maiores ou menores valores de acordo com o tempo. Neste trabalho os  $CV_f$ (%) indicam que existe grande variação no fenótipo das

progênies avaliadas, entretanto o melhoramento genético busca sempre selecionar os melhores indivíduos geneticamente, ou seja, aqueles indivíduos que apresentam o melhor desempenho devido ao componente genético e não aqueles indivíduos que de alguma maneira foram favorecidos pelo ambiente. No caso de se realizar uma seleção massal, onde não é utilizada a informação de famílias e delineamento experimental para a estimação dos valores genéticos, é possível que ocorram vários erros devido a grande variação no fenótipo.

Tabela 4: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba - PR.

IDADE LOCAL	Caráter (DAP)						
	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$CV_{gi}(\%)$	$CV_c(\%)$	$CV_f(\%)$	
3	L1	1,035	0,080	14,287	8,67	2,41	32,21
	L2	0,924	0,163	9,048	10,04	4,22	31,43
	L3	2,971	0,026	10,479	19,48	1,82	36,59
	<b>Média</b>	<b>1,643</b>	<b>0,089</b>	<b>11,271</b>	<b>12,73</b>	<b>2,814</b>	<b>33,41</b>
5	L1	1,994	0,169	28,418	9,29	2,71	35,08
	L3	3,728	0,070	11,418	11,32	1,55	19,81
	<b>Média</b>	<b>2,861</b>	<b>0,119</b>	<b>19,918</b>	<b>10,31</b>	<b>2,13</b>	<b>27,45</b>
7	L1	2,898	0,257	42,857	9,72	2,89	37,38
	L2	5,430	0,291	35,379	14,17	3,28	36,16
	L3	7,961	0,279	19,507	13,66	2,56	21,38
	<b>Média</b>	<b>5,430</b>	<b>0,276</b>	<b>32,581</b>	<b>12,52</b>	<b>2,91</b>	<b>31,64</b>

A tabela 5 apresenta as herdabilidades e acurácias para o DAP de *E. benthamii* aos três, cinco e sete anos de idade, em Telêmaco Borba – PR.

Tabela 5: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênies ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP cm) estudado para os diferentes locais e idades, em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros Genéticos				
		$h_a^2$	$h_{aj}^2$	$h_{mp}^2$	$h_{ad}^2$	$\hat{r}_{aa}$
3	L1	0,07	0,07	0,49	0,06	0,702
	L2	0,10	0,10	0,53	0,08	0,727
	L3	0,28	0,28	0,79	0,23	0,888
	<b>Média</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,60</b>	<b>0,12</b>	<b>0,772</b>
5	L1	0,07	0,07	0,48	0,05	0,695
	L3	0,33	0,33	0,81	0,27	0,898
	<b>Média</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>	<b>0,65</b>	<b>0,16</b>	<b>0,797</b>
7	L1	0,07	0,07	0,47	0,05	0,688
	L2	0,15	0,16	0,65	0,12	0,806
	L3	0,41	0,41	0,83	0,35	0,912
	<b>Média</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,65</b>	<b>0,17</b>	<b>0,802</b>

Para a classificação das herdabilidades deste estudo foi baseada em Resende (1995), onde o autor considera que os valores de herdabilidade variando de 0,01 até 0,15 são considerados baixos, de 0,15 até 0,50 são considerados medianos e valores superiores a 0,50 são considerados altos. A herdabilidade representa a importância do componente genético na expressão fenotípica dos caracteres, sendo que quanto maior os valores de herdabilidade menor a influência do ambiente sobre o caráter.

Para o caráter DAP as estimativas de herdabilidade individual, no sentido restrito ( $h_a^2$ ) foram consideradas baixas e medianas, sendo que aos três anos de idade a média observada foi de 0,15. Os locais L1 e L2 apresentaram valores baixos, e o local L3 apresentou valor mediano. Callister et al (2013) em progênies de *Eucalyptus globulus*, encontraram herdabilidades individuais variando de 0,08 e 0,12 para DAP aos três anos e meio de idade. Callister et al. (2011), observaram valores de herdabilidade individuais variando de 0,06 a 0,19 para o caráter DAP em progênies de *Eucalyptus globulus*. Duque Silva (2008) encontrou valores superiores de herdabilidade individual aos três anos e meio de idade em progênies de *Eucalyptus benthamii*, avaliados em Santa Catarina, onde este parâmetro variou de 0,13 a 0,31. He et al. (2012) estudando progênies híbridas de *E. urophylla* x *E. tereticornis*, encontraram herdabilidade individual de 0,12, aos dois anos e meio de idade para o caráter DAP na China. Luo et al. (2006) avaliando

progênies de *Eucalyptus pellita* observaram valores superiores de herdabilidade individual comparando com o presente trabalho, onde aos três anos a estimativa foi de 0,19. Aos cinco anos houve um pequeno aumento na  $h_a^2$ , onde a média foi de 0,120, sendo que o local L1 apresentou o menor valor 0,07 considerado de baixa magnitude e o local L3 apresentou o valor mais alto 0,33 considerado de média magnitude. Harrand et al. (2009) estudando progênies de *Eucalyptus grandis* encontraram valores semelhantes ao presente trabalho, onde a  $h_a^2$ , variou de 0,08 a 0,34 aos quatro anos e meio de idade. He et al. (2012) avaliando progênies híbridas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* encontraram  $h_a^2$  média de 0,19 aos quatro anos de idade, valor que também foi semelhante ao encontrado no presente estudo. Porém no estudo de Gan et al. (2004) avaliando progênies híbridas de *E. urophylla* x *E. tereticornis*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. pellita* encontraram  $h_a^2$  de 0,41 para o DAP aos cinco anos de idade, valor superior ao presente trabalho. Luo et al. (2006) avaliando progênies de *Eucalyptus pellita* aos cinco anos de idade observaram  $h_a^2$  de 0,25, valor que também foi superior ao presente trabalho. Aos sete anos de idade os valores de herdabilidade individual para o caráter DAP foram os maiores encontrados para este trabalho, sendo que a média observada foi de 0,21, o local L1 apresentou o menor valor 0,07 considerado de baixa magnitude, o local L2 apresentou  $h_a^2$  de 0,15 considerada de média magnitude e o local L3 apresentou o maior valor 0,41 considerado também de média magnitude. Volker (2002) encontrou  $h_a^2$  de 0,12 aos seis anos de idade em progênies de *Eucalyptus globulus*, valor inferior ao encontrado no presente trabalho. Cappa et al. (2010) estudando progênies de *Eucalyptus viminalis* aos seis anos de idade, observaram valores ligeiramente superiores ao presente trabalho, onde a  $h_a^2$  variou de 0,19 a 0,44. Marcó e White (2002) estudando progênies de *Eucalyptus dunnii* observaram  $h_a^2$  de 0,124, aos sete anos de idade, valor inferior ao presente trabalho. Kube et al. (2002) avaliando progênies de *Eucalyptus nitens* aos seis anos de idade encontraram  $h_a^2$  variando de 0,12 a 0,29. De uma maneira geral o local L3 pode gerar ganhos de maior magnitude para a seleção individual devido aos valores superiores de herdabilidade individual. As herdabilidades individuais no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), foram ligeiramente superiores a herdabilidades individuais, no entanto foram classificadas da mesma maneira, o comportamento deste parâmetro indica a acurácia dos valores obtidos para herdabilidade individual no sentido restrito, demonstrando a eficiência deste cálculo no experimento. Os valores encontrados para a herdabilidade média de

progênies ( $h_{mp}^2$ ) foram classificados como de medianos a altos, sendo que o local L1 sempre apresentou os menores valores, aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,49, aos cinco anos de idade o valor encontrado foi de 0,48 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,47 valores considerados medianos. O local L2 apresentou valores considerados de alta magnitude, onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,53 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,65. O local L3 apresentou os maiores valores de  $h_{mp}^2$ , onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,79, aos cinco anos o valor encontrado foi de 0,81 e aos sete anos o valor encontrado foi de 0,83, estes valores indicam que a seleção baseada nas progênies pode gerar ganhos de grande magnitude devido ao alto controle genético do caráter DAP nos experimentos avaliados. Costa et al. (2012) avaliando progênies de *Eucalyptus camaldulensis* observaram  $h_{mp}^2$  de 0,2088 valor que foi muito inferior a todos os valores encontrados no presente trabalho. Duque Silva (2008) avaliando progênies de *Eucalyptus benthamii* observou  $h_{mp}^2$  variando de 0,43 a 0,66 aos três anos e meio de idade. De uma maneira geral a  $h_{mp}^2$  aumenta de acordo com o tempo isso indica que o controle genético do caráter DAP aumenta com o passar do tempo. A herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) apresentou valores inferiores a herdabilidade individual ( $h_a^2$ ), o local L1 apresentou os menores valores para esse parâmetro em todas as idades, sendo que todos foram classificados como de baixa magnitude, o local L2 apresentou os valores intermediários, no entanto também foram de baixa magnitude, o local L3 apresentou os maiores valores para esse parâmetro sendo que em todas as idades foram considerados de magnitude mediana, Duque Silva (2008), avaliando progênies de *Eucalyptus benthamii* observou  $h_{ad}^2$  variando de 0,10 a 0,28, valores em geral superiores aos encontrados nos locais L1 e L2 e inferiores aos encontrados no local L3.

Com relação a Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter DAP, todos os valores foram considerados de alta magnitude, pois segundo Resende (2007), o ideal é que os valores da acurácia sejam superiores a 50%, este valor indica que existe um bom acesso a variação genética real, por meio do fenótipo observado para os caracteres em estudo. Segundo o mesmo autor altos valores de acurácia indicam uma boa precisão na seleção dos genótipos. Aos três anos de idade a média de  $\hat{r}_{aa}$  foi de 0,772, o local L1 apresentou o menor valor 0,702, o local L2 apresentou valor ligeiramente superior 0,727 e o local L3 apresentou o maior valor 0,888. Aos cinco anos de idade o local L1 apresentou  $\hat{r}_{aa}$  de

0,695 e o local L3 apresentou valor de 0,898. Aos sete anos de idade o Local L1 continuou apresentando o menor valor 0,688, o local L2 apresentou valor intermediário 0,806 e o local L3 apresentou novamente o maior valor 0,912. De uma maneira geral a acurácia aumentou de acordo com o aumento da idade, sendo que a exceção foi o local L1 onde houve uma diminuição ao longo do tempo. Os valores encontrados estão dentro do ideal para o caráter, com isso é possível afirmar que a Seleção baseada no DAP será de realizada com precisão e exatidão.

#### 4.3. Análise Individual para o caráter Altura de plantas (ALT m).

Assim como foi realizado para o caráter DAP, na Tabela 6, observa-se a significância dos efeitos genéticos avaliados por meio da análise da Razão de Verossimilhança (LRT), a partir desses resultados, conclui-se que para o caráter Altura de plantas (ALT m) todos os valores de LRT foram significantes ao menos à 5%, sendo que os locais L2 e L3 apresentaram o LRT significativo a nível de 1%.

Com relação ao desenvolvimento das progênies na Tabela 6 observa-se que a Altura apresentou média de 10,75 metros aos três anos de idade nos três locais avaliados, sendo que o L1 apresentou a maior média de Altura (13,68 metros) e o L3 apresentou a menor média de Altura (8,98 metros). Callister et al. (2011), encontraram média inferior ao presente trabalho para progênies de *Eucalyptus globulus* em East Esperance – Austrália, onde a média foi de 8,1 metros de altura aos três anos e meio de idade, entretanto no mesmo trabalho as progênies testadas em Kalgan – Austrália apresentaram média de 11,1 metros, ligeiramente superior ao encontrado no presente trabalho. Em outro trabalho Cappa et al. (2010), avaliando progênies de *Eucalyptus viminalis* encontraram em um dos locais na Argentina, média de 8,78 metros de Altura, muito inferior a média do presente trabalho. Aos cinco anos de idade a média de Altura foi de 20,75 metros, sendo que o L3 apresentou a maior média de Altura (21,11 metros) e o L1 apresentou a menor média de Altura (20,39 metros). Marcó e White (2002) observaram valor inferior ao presente estudo para progênies de *Eucalyptus dunnii*, onde a média de Altura aos cinco anos de idade variou de 17,6 a 18,0 metros em dois experimentos na Argentina. Aos sete anos de idade a média de Altura foi de 22,73 metros, sendo que o L2 apresentou a menor média de Altura (21,35 metros) e o L1 apresentou a maior média de Altura (23,50 metros), Tolfo et al. (2005) avaliando progênies de *Eucalyptus* spp. em

Guatapar – SP, encontraram média de 22,17 metros de altura, valor muito semelhante ao encontrado para este trabalho. As progênies de *E. benthamii* foram superiores tmm ao trabalho de Del Quiqui et al. (2001) em Campo Mourão - PR, em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* onde a média foi de 16,56 metros de altura aos sete anos de idade.

Tabela 6: Estimativas da mdia de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Altura de plantas estudadas nos diferentes locais e idades, em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros			
		Média	$\hat{C}_p^2$	$CV_{exp}$ (%)	LRT ( $\chi^2$ )
3	L1	13,68	0,0620	12,14	4,26*
	L2	9,59	0,0593	10,98	8,09**
	L3	8,98	0,0479	12,09	27,62**
	<b>Média</b>	<b>10,75</b>	<b>0,0564</b>	<b>11,74</b>	<b>13,32</b>
5	L1	20,39	0,0295	11,76	6,44*
	L3	21,11	0,0982	5,54	12,42**
	<b>Média</b>	<b>20,75</b>	<b>0,0639</b>	<b>8,65</b>	<b>9,43</b>
7	L1	23,50	0,0128	11,18	5,99*
	L2	21,35	0,0081	8,31	28,19**
	L3	23,35	0,0395	4,06	21,03**
	<b>Média</b>	<b>22,73</b>	<b>0,0201</b>	<b>7,85</b>	<b>18,40</b>

\*\* significativo a 1% , \*significativo a 5%, com 1 grau de liberdade;

Com relação aos Coeficientes de Variação experimental ( $CV_{exp}$ (%)) para o caráter Altura, observa-se que houve uma variação entre os locais e idade avaliados. Aos três anos de idade a média de  $CV_{exp}$ (%) foi de 11,74% para os três locais, no entanto o L2 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 10,98\%$ ) e o L1 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 12,14\%$ ). Aos cinco anos de idade a média de  $CV_{exp}$ (%) foi de 8,65% para os dois locais, sendo que o L3 apresentou valor bem inferior ao L1 ( $CV_{exp} = 5,54\%$  e 11,76%, respectivamente). Aos sete anos de idade a média de  $CV_{exp}$ (%) foi de 7,85%, sendo que o L3 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 4,06\%$ ) e o L1 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 11,18\%$ ). Estes valores tmm foram semelhantes aos encontrados em trabalhos com *Eucalyptus* spp. assim como para o DAP (Rosado et al. 2009; Souza et al. 2011). O coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), que de acordo com Resende

(2002) (que já foi citado anteriormente) mede a variabilidade das parcelas dentro dos blocos, sendo que uma estimativa de no máximo 10% não interfere na estimativa dos parâmetros genéticos. Assim para o caráter Altura é possível afirmar que estes valores estão dentro do aceitável, pois todos os valores encontrados para todas as idades e locais avaliados foram inferiores a 0,1 (o mesmo que 10%) assim o ambiente teve pouca influencia nos experimentos, houve baixa variação entre as parcelas em todas as idade e locais avaliados para o caráter Altura.

Na Tabela 7, observam-se os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) que são utilizados para a o calculo dos Coeficientes de Variação respectivos.

Tabela 7: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), variância genética aditiva dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_{ad}^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Altura de plantas (ALT m) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba - PR.

IDADE LOCAL	Caráter (Altura)						
	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$CV_a(\%)$	$CV_c(\%)$	$CV_f(\%)$	
3	L1	0,956	0,797	12,841	7,14	6,52	26,18
	L2	1,234	0,443	7,454	11,57	6,93	28,44
	L3	2,731	0,419	8,732	18,38	7,20	32,88
	<b>Média</b>	<b>1,640</b>	<b>0,553</b>	<b>9,676</b>	<b>12,37</b>	<b>6,88</b>	<b>29,16</b>
5	L1	2,013	0,903	30,514	6,96	4,66	27,09
	L3	2,635	0,748	7,617	7,69	4,10	13,08
	<b>Média</b>	<b>2,324</b>	<b>0,825</b>	<b>19,065</b>	<b>7,32</b>	<b>4,38</b>	<b>20,08</b>
7	L1	2,103	0,508	39,450	6,17	3,03	26,73
	L2	10,253	0,258	31,759	14,99	2,38	26,39
	L3	3,716	0,337	8,518	7,60	2,29	11,51
	<b>Média</b>	<b>5,358</b>	<b>0,368</b>	<b>26,576</b>	<b>9,59</b>	<b>2,57</b>	<b>21,54</b>

Para o caráter Altura aos três anos de idade os Coeficientes de Variação Genéticos Aditivos ( $CV_a$  (%)) apresentou média de 12,37%, variando de 7,14% a 18,38%, para o local L1 e L3 respectivamente, aos cinco anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 7,32%, variando de 6,96% a 7,69% nos locais L1 e L3 respectivamente e aos sete anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 9,59%, variando de 6,17% a 14,99% nos locais L1 e L2 respectivamente. Os  $CV_a$  (%) para o caráter Altura seguiram o mesmo padrão do caráter DAP onde os menores valores foram encontrados no local L1 e os maiores valores aos três e aos cinco anos foram encontrados no local L3, e

aos sete anos de idade o maior valor foi observado no local L2. Esses valores observados demonstram que existe variabilidade genética entre os indivíduos, no entanto a variabilidade genética para Altura foi ligeiramente inferior quando comparada com o DAP, mas mesmo assim é possível obter ganhos por meio de métodos de seleção. O Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c(\%)$ ) apresentou valores de baixa magnitude, mesmo estando ligeiramente superiores do que aqueles observados para o caráter DAP, aos três anos de idade o local L3 apresentou o maior valor ( $CV_c = 7,20\%$ ) e L1 apresentou o menor valor ( $CV_c = 6,52\%$ ). Aos cinco anos de idade o local L3 apresentou o menor valor ( $CV_c = 4,10\%$ ) enquanto o maior valor foi observado no local L1 ( $CV_c = 4,66\%$ ). Aos sete anos de idade o local L3 apresentou o menor valor ( $CV_c = 2,29\%$ ) enquanto o maior valor foi observado para o local L1 ( $CV_c = 3,03\%$ ), foi observado que com o passar do tempo o  $CV_c(\%)$  diminuiu os seus valores, como este parâmetro indica a variação entre as parcelas do experimento, foi observado que ao longo do tempo há uma diminuição dos efeitos do ambiente sobre o cálculo dos parâmetros genéticos para o caráter Altura.

O Coeficiente de Variação Fenotípico ( $CV_f(\%)$ ) apresentou valores medianos, sendo menores do que aqueles encontrados para o caráter DAP, aos três anos de idade este parâmetro apresentou média de 29,16% e variou de 26,18 a 32,88% nos locais L1 e L3 respectivamente. Aos cinco anos de idade o  $CV_f(\%)$  apresentou média de 20,08% variando de 13,08 a 27,09% nos locais L3 e L1 respectivamente. Aos sete anos de idade o  $CV_f(\%)$  apresentou média de 21,54% variando de 11,51 a 26,73% nos locais L3 e L1 respectivamente, não houve um padrão de comportamento desse parâmetro ao longo do tempo, no entanto aos cinco e sete anos os locais L1 e L3 apresentaram o maior e menor valor respectivamente. Neste trabalho os  $CV_f(\%)$  indicam que existe variação no fenótipo das progênies avaliadas, entretanto foi inferior a variação encontrada para o DAP.

A tabela 8 mostra os coeficientes de herdabilidade e acurácias para a altura de plantas aos três, cinco e sete anos, em Telêmaco Borba.

Tabela 8: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênies ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Altura de plantas (ALT m), estudado para os diferentes locais e idades, em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros Genéticos				
		$h_a^2$	$h_{aj}^2$	$h_{mp}^2$	$h_{ad}^2$	$\hat{r}_{aa}$
3	L1	0,07	0,08	0,44	0,06	0,661
	L2	0,17	0,18	0,58	0,14	0,762
	L3	0,31	0,33	0,74	0,27	0,862
	<b>Média</b>	<b>0,18</b>	<b>0,19</b>	<b>0,59</b>	<b>0,16</b>	<b>0,762</b>
5	L1	0,07	0,07	0,44	0,05	0,664
	L3	0,35	0,35	0,71	0,32	0,840
	<b>Média</b>	<b>0,21</b>	<b>0,21</b>	<b>0,57</b>	<b>0,19</b>	<b>0,747</b>
7	L1	0,05	0,05	0,41	0,04	0,638
	L2	0,32	0,33	0,80	0,27	0,896
	L3	0,44	0,45	0,81	0,38	0,902
	<b>Média</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,67</b>	<b>0,23</b>	<b>0,813</b>

Para o caráter Altura as estimativas de herdabilidade individual, no sentido restrito ( $h_a^2$ ) foram consideradas baixas e medianas, sendo que aos três anos de idade a média observada foi de 0,18, valor superior ao encontrado para o DAP neste mesmo trabalho. O local L1 apresentou valor baixo, e os locais L2 e L3 apresentaram valores medianos. Callister et al. (2013) em progênies de *Eucalyptus globulus*, encontraram herdabilidades individuais variando de 0,01 e 0,24 para o caráter Altura aos três anos e meio de idade, valores que foram superiores ao local L1 e semelhantes e inferiores aos locais L2 e L3 respectivamente. He et al. (2012) estudando progênies híbridas de *E. urophylla* x *E. tereticornis*, encontraram herdabilidade individual de 0,12, aos dois anos e meio de idade para o caráter Altura na China. Luo et al. (2006) avaliando progênies de *Eucalyptus pellita* observaram valores superiores de herdabilidade individual comparando com o presente trabalho, onde aos dois anos a estimativa foi de 0,31 (valor máximo encontrado no local L3). Aos cinco anos houve um pequeno aumento na  $h_a^2$ , onde a média foi de 0,21, sendo que o local L1 apresentou o menor valor 0,07 considerado de baixa magnitude e o local L3 apresentou o valor mais alto 0,35 considerado de media magnitude. Harrand et al. (2009) estudando progênies de *Eucalyptus grandis* encontraram valores semelhantes ao presente trabalho, onde a  $h_a^2$ , variou de 0,09 a 0,37 aos quatro anos e meio de idade. He et al. (2012) avaliando progênies híbridas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* encontrou  $h_a^2$  média de 0,08 aos quatro anos de idade, valor que

também foi inferior ao encontrado no presente estudo. No entanto, no estudo de Gan et al. (2004) avaliando progênes hibridas de *E. urophylla* x *E. tereticornis*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis* e *E. urophylla* x *E. pellita* os valores de  $h_a^2$  aos cinco anos de idade foram superiores ao encontrado no presente trabalho (0,34) para o caráter Altura aos cinco anos de idade. Aos sete anos de idade os valores de herdabilidade individual para o caráter Altura foram os maiores encontrados para este trabalho, sendo que a média observada foi de 0,27, o local L1 apresentou o menor valor 0,05 considerado de baixa magnitude, o local L2 apresentou  $h_a^2$  de 0,32, considerada de média magnitude e o local L3 apresentou o maior valor 0,44 considerado também de média magnitude. Harrand et al. (2009) avaliando progênes de *Eucalyptus grandis* aos oito anos e meio de idade, observaram  $h_a^2$  variando de 0,10 a 0,36, valores que de maneira geral foram superiores ao encontrado no local L1, semelhantes ao encontrado no local L2 e inferiores ao encontrado no local L3.

De uma maneira geral o local L3 pode gerar ganhos de maior magnitude para a seleção individual devido aos valores superiores de herdabilidade individual. As herdabilidades individuais no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), foram ligeiramente superiores a herdabilidades individuais, no entanto foram classificadas da mesma maneira, assim como foi observado para o caráter DAP, novamente indicando que este comportamento denota a acurácia dos valores obtidos para a herdabilidade individual no sentido restrito. Os valores encontrados para a herdabilidade média de progênes ( $h_{mp}^2$ ) foram classificados como de medianos a altos, sendo que o local L1 sempre apresentou os menores valores, aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,44, aos cinco anos de idade o valor encontrado foi de 0,44 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,41 valores considerados medianos e que foram menores do que aqueles encontrados para o caráter DAP avaliados no local L1. O local L2 apresentou valores considerados de alta magnitude, onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,58 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,80, esse valores foram superiores aos encontrados para o caráter DAP avaliados no local L2. O local L3 apresentou os maiores valores de  $h_{mp}^2$ , onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,74, aos cinco anos o valor encontrado foi de 0,71 e aos sete anos o valor encontrado foi de 0,81, valores que quando comparados aos valores encontrados no local L3 para o DAP foram inferiores. Estes valores indicam que a seleção baseada nas progênes pode gerar ganhos de grande magnitude devido ao alto controle genético do caráter Altura nos experimentos avaliados. Costa et al. (2012) avaliando progênes de *Eucalyptus*

*camaldulensis* observaram  $h_{mp}^2$  de 0,28 valor que foi muito inferior a todos os valores encontrados no presente trabalho. Assim como o ocorrido para o caráter DAP, de uma maneira geral a  $h_{mp}^2$  aumenta de acordo com o tempo isso indica que o controle genético do caráter Altura também aumenta com o passar do tempo. A herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) apresentou valores inferiores a herdabilidade individual ( $h_a^2$ ) (mesmo comportamento do caráter DAP), o local L1 apresentou os menores valores para esse parâmetro em todas as idades, sendo que todos foram classificados como de baixa magnitude, o local L2 apresentou os valores intermediários, no entanto aos três anos foram considerados de baixa magnitude e aos sete anos foram considerados de magnitude mediana, o local L3 apresentou os maiores valores para esse parâmetro sendo que em todas as idades foram considerados de magnitude mediana.

Com relação à Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Altura, todos os valores foram considerados de alta magnitude, segundo Resende (2007) que foi citado anteriormente. Aos três anos de idade a média de  $\hat{r}_{aa}$  foi de 0,762, ligeiramente inferior ao valor encontrado para o caráter DAP, o local L1 apresentou o menor valor 0,661, o local L2 apresentou valor ligeiramente superior 0,762 e o local L3 apresentou o maior valor 0,862, aos três anos de idade apenas o local L2 apresentou valor superior ao caráter DAP. Aos cinco anos de idade o local L1 apresentou  $\hat{r}_{aa}$  de 0,664 e o local L3 apresentou valor de 0,840, novamente os dois valores foram inferiores aos encontrados para o caráter DAP. Aos sete anos de idade o Local L1 continuou apresentando o menor valor 0,638, o local L2 apresentou valor intermediário 0,896 e o local L3 apresentou novamente o maior valor 0,902, novamente apenas o local L2 apresentou valores superiores ao encontrado para o caráter DAP. De uma maneira geral a acurácia aumentou de acordo com o aumento da idade, sendo assim como o ocorrido para o caráter DAP a exceção foi o local L1 onde houve uma diminuição ao longo do tempo. Os valores encontrados estão dentro do ideal para o caráter, com isso é possível afirmar que a Seleção baseada na Altura também será de realizada com precisão e exatidão.

#### 4.4. Análise Individual para Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore).

Da mesma maneira como foi realizado para os caracteres DAP e Altura, observa-se na Tabela 9, a significância dos efeitos genéticos que foram avaliados por meio da análise da Razão de Verossimilhança (LRT), a partir desses resultados, afirma-se que para o caráter Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore) todos os valores de LRT foram significantes em nível de 1%.

Com relação ao desenvolvimento das progênes na Tabela 9, observamos que o Volume individual apresentou média de 0,056 m<sup>3</sup>/árvore aos três anos de idade nos três locais avaliados, sendo que a maior média de Volume foi observada no L1 (0,086 m<sup>3</sup>/árvore) e L3 apresentou a menor média de Volume (0,038 m<sup>3</sup>/árvore), estes valores foram inferiores a média encontrada por Marcó e White (2002) onde o volume individual foi de 0,155 m<sup>3</sup>/árvore para progênes de *Eucalyptus dunnii* na Argentina, Freitas et al. (2009), avaliando progênes híbridas de *E. grandis* x *E. urophylla*, também encontraram valores superiores ao do presente trabalho, onde as médias foram de 0,079 e 0,105 m<sup>3</sup>/árvore avaliadas em Belo Oriente e Guanhães em Minas Gerais. Aos cinco anos de idade a média de Volume individual foi de 0,209 m<sup>3</sup>/árvore, sendo que o L3 apresentou a maior média de Volume (0,219 m<sup>3</sup>/árvore) e L1 apresentou a menor média de Volume (0,199 m<sup>3</sup>/árvore). Esses valores foram superiores aos encontrados por Marcó e White (2002) em progênes de *Eucalyptus grandis* na Argentina, onde em dois locais a médias foram 0,107 e 0,130 m<sup>3</sup>/árvore, no entanto o mesmo autor observou média ligeiramente superior em dos locais que o estudo foi realizado, onde a média foi de 0,258 m<sup>3</sup>/árvore aos cinco anos de idade. Aos sete anos de idade a média de Volume individual foi de 0,303 m<sup>3</sup>/árvore, sendo que o L3 apresentou a maior média de Volume (0,371 m<sup>3</sup>/árvore) e o L2 apresentou a menor média de Volume (0,242 m<sup>3</sup>/árvore), esses valores foram superiores aos encontrados por Arnold et al. (2004), onde o Volume aos seis anos e meio apresentou média de 0,2365 m<sup>3</sup>/árvore em progênes de *Eucalyptus dunnii* avaliadas em New South Wales na Austrália.

Tabela 9: Estimativas da média de progênies, coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), Coeficiente de Variação Experimental ( $CV_{exp}$ ), Análise da razão de verossimilhança (LRT): qui-quadrado da deviance ( $\chi^2$ ) para o caráter Volume de plantas estudadas nos diferentes locais e idades, em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros			
		Média	$\hat{C}_p^2$	$CV_{exp}(\%)$	LRT ( $\chi^2$ )
3	L1	0,086	0,0049	27,43	11,63**
	L2	0,044	0,0296	23,99	7,76**
	L3	0,038	0,0022	29,24	20,62**
	<b>Média</b>	<b>0,056</b>	<b>0,0122</b>	<b>26,89</b>	<b>13,34</b>
5	L1	0,199	0,0052	28,79	12,68**
	L3	0,219	0,0046	14,65	16,39**
	<b>Média</b>	<b>0,209</b>	<b>0,0049</b>	<b>21,72</b>	<b>14,54</b>
7	L1	0,297	0,0046	30,22	13,92**
	L2	0,242	0,0256	25,44	17,63**
	L3	0,371	0,0052	14,63	22,44**
	<b>Média</b>	<b>0,303</b>	<b>0,0118</b>	<b>23,43</b>	<b>18,00</b>

\*\* significativo a 1% , \*significativo a 5%, com 1 grau de liberdade;

Com relação aos Coeficientes de Variação experimental ( $CV_{exp}(\%)$ ) para o caráter Volume individual, observamos que houve uma variação entre os locais e idade avaliados (Tabela 9). Aos três anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 26,89% para os três locais, no entanto o L2 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 23,99\%$ ) e o L3 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 29,24\%$ ). Aos cinco anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 21,72% para os dois locais, sendo que o L3 apresentou valor bem inferior ao L1 ( $CV_{exp} = 14,65\%$  e  $28,79\%$ , respectivamente). Aos sete anos de idade a média de  $CV_{exp}(\%)$  foi de 23,42%, sendo que o L3 apresentou o menor valor ( $CV_{exp} = 14,63\%$ ) e o L1 apresentou o maior valor ( $CV_{exp} = 30,22\%$ ). Estes valores de maior magnitude para o caráter Volume esta dentro do aceitável, pois segundo Houle (1992) caracteres, como o Volume, que são compostos, ou seja, calculados por meio de outros caracteres, apresentam maior coeficiente de variação experimental. Estes valores também foram semelhantes aos encontrados em trabalhos com *Eucalyptus* spp. assim como para o DAP e Altura (Rosado et al. 2009; Souza et al. 2011). O coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{C}_p^2$ ), que de acordo com Resende (2002) (que já foi citado anteriormente) mede a variabilidade das parcelas dentro dos blocos, sendo que uma estimativa de no máximo 10% não interfere

na estimativa dos parâmetros genéticos. Assim para o caráter Volume é possível afirmar que estes valores estão dentro do aceitável, pois todos os valores encontrados para todas as idades e locais avaliados foram inferiores a 0,1 (o mesmo que 10%) assim o ambiente teve pouca influencia nos experimentos, houve baixa variação entre as parcelas em todas as idade e locais avaliados para o caráter Volume.

Tabela 10: Estimativas da variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), variância genética aditiva dentro de parcelas ( $\hat{\sigma}_{ad}^2$ ), Coeficiente de Variação Genético aditivo individual ( $CV_{gi}$ ), Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$ ) e Coeficiente de Variação fenotípico ( $CV_f$ ) para o caráter Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba - PR.

IDADE LOCAL	Caráter (Volume)							
	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_c^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_{ad}^2$	$CV_a(\%)$	$CV_c(\%)$	$CV_f(\%)$	
3	L1	0,000332	0,000017	0,003385	0,003276	21,04	4,76	67,18
	L2	0,000134	0,000027	0,000926	0,000866	26,01	11,68	68,38
	L3	0,000202	0,000003	0,001317	0,001263	36,54	4,45	93,29
	<b>Média</b>	<b>0,000223</b>	<b>0,000016</b>	<b>0,001876</b>	<b>0,001802</b>	<b>27,86</b>	<b>6,96</b>	<b>76,29</b>
5	L1	0,002100	0,000104	0,019800	0,018976	22,98	5,11	70,57
	L3	0,002825	0,000048	0,010640	0,009888	24,19	3,15	46,95
	<b>Média</b>	<b>0,002463</b>	<b>0,000076</b>	<b>0,015220</b>	<b>0,014432</b>	<b>23,59</b>	<b>4,13</b>	<b>58,76</b>
7	L1	0,005500	0,000220	0,049000	0,046875	24,95	4,99	74,46
	L2	0,008158	0,000830	0,032485	0,029615	37,32	11,91	74,48
	L3	0,010915	0,000160	0,030774	0,027882	28,16	3,41	47,28
	<b>Média</b>	<b>0,008191</b>	<b>0,000403</b>	<b>0,037420</b>	<b>0,034791</b>	<b>30,14</b>	<b>6,77</b>	<b>65,41</b>

Na Tabela 10, observa-se que os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) que são utilizados para a o calculo dos Coeficientes de Variação respectivos. Para o caráter Volume aos três anos de idade o Coeficiente de Variação Genético Aditivo ( $CV_a$  (%)) apresentou média de 27,863%, variando de 21,04% a 36,54%, para o local L1 e L3 respectivamente, aos cinco anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 23,59%, variando de 22,98% a 24,19% nos locais L1 e L3 respectivamente e aos sete anos de idade o  $CV_a$  (%) apresentou média de 30,14%, variando de 24,95% a 37,32% nos locais L1 e L2 respectivamente. Os  $CV_a$  (%) para o caráter Volume seguiram o mesmo padrão dos caracteres DAP e Altura onde os menores valores foram encontrados no local L1 e os maiores valores aos três e aos cinco anos foram encontrados no local L3, e aos sete anos de idade o maior valor foi observado no local L2. Esses valores observados demonstram que existe grande variabilidade genética entre os indivíduos, sendo que o Volume foi o caráter que

apresentou a variabilidade genética quando comparado aos outros dois caracteres estudados nesse trabalho, com isso é possível obter ganhos por meio de métodos de seleção. De maneira geral o Coeficiente de Variação entre parcelas ( $CV_c$  (%)) apresentou valores de baixa magnitude (apenas o local L2 apresentou valores maiores que 10%), mesmo estando ligeiramente superiores do que aqueles observados para os caracteres DAP e Altura, aos três anos de idade o local L2 apresentou o maior valor ( $CV_c = 11,68\%$ ) e L3 apresentou o menor valor ( $CV_c = 4,45\%$ ). Aos cinco anos de idade o local L3 apresentou o menor valor ( $CV_c = 3,15\%$ ) enquanto o maior valor foi observado no local L1 ( $CV_c = 5,11\%$ ). Aos sete anos de idade o local L3 apresentou o menor valor ( $CV_c = 3,41\%$ ) enquanto o maior valor foi observado para o local L2 ( $CV_c = 11,91\%$ ), ao contrario do que foi observado para o caráter Altura, que com o passar do tempo o  $CV_c$ (%) diminuiu os seus valores, para o Volume não houve esse padrão de comportamento.

O Coeficiente de Variação Fenotípico ( $CV_f$ (%)) apresentou valores altos, sendo maiores do que aqueles encontrados para o caracteres DAP e Altura, aos três anos de idade este parâmetro apresentou média de 76,286% e variou de 67,183 a 93,292% nos locais L1 e L3 respectivamente. Aos cinco anos de idade o  $CV_f$ (%) apresentou média de 58,759% variando de 46,951 a 70,568% nos locais L3 e L1 respectivamente. Aos sete anos de idade o  $CV_f$ (%) apresentou média de 65,406% variando de 47,284 a 74,478% nos locais L3 e L2 respectivamente, não houve um padrão de comportamento desse parâmetro ao longo do tempo. Neste trabalho os  $CV_f$ (%) indicam que existe variação no fenótipo das progênies avaliadas para todos os caracteres, sendo que para o Volume a variação encontrada foi superior a encontradas para o DAP e Altura.

As estimativas de herdabilidades e acurácias para volume de madeira das plantas foram apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Estimativa dos parâmetros genéticos: herdabilidade individual no sentido restrito ( $h_a^2$ ), herdabilidade individual no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), herdabilidade da média de progênes ( $h_{mp}^2$ ), herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) e Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore), estudado para os diferentes locais e idades, em progênes de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Idade	Local	Parâmetros Genéticos				
		$h_a^2$	$h_{aj}^2$	$h_{mp}^2$	$h_{ad}^2$	$\hat{r}_{aa}$
3	L1	0,10	0,10	0,57	0,08	0,755
	L2	0,14	0,15	0,59	0,12	0,771
	L3	0,15	0,15	0,66	0,12	0,813
	<b>Média</b>	<b>0,13</b>	<b>0,13</b>	<b>0,61</b>	<b>0,11</b>	<b>0,780</b>
5	L1	0,11	0,11	0,59	0,08	0,769
	L3	0,27	0,27	0,77	0,21	0,879
	<b>Média</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,68</b>	<b>0,15</b>	<b>0,824</b>
7	L1	0,11	0,11	0,61	0,09	0,778
	L2	0,25	0,26	0,73	0,21	0,854
	L3	0,36	0,36	0,82	0,29	0,907
	<b>Média</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>	<b>0,72</b>	<b>0,20</b>	<b>0,846</b>

Para o caráter Volume as estimativas de herdabilidade individual, no sentido restrito ( $h_a^2$ ) foram consideradas baixas e medianas, sendo que aos três anos de idade a média observada foi de 0,13, valor inferior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura neste mesmo trabalho. Os locais L1 e L2 apresentaram valores baixos, e o local L3 apresentou valor mediano. Marcó e White (2002), avaliando progênes de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* aos três anos de idade encontraram herdabilidade individual de 0,23 e 0,26 respectivamente, valor superior ao presente trabalho. Luo et al. (2010), avaliando progênes de *Eucalyptus grandis* observaram  $h_a^2$  variando de 0,08 a 0,44 aos três anos de idade, de maneira geral superiores ao presente trabalho. Hesheng et al. (2012), avaliando progênes de *Eucalyptus saligna* observaram  $h_a^2$  variando de 0,01 a 0,21 aos três anos de idade, em alguns casos menores e em outros maiores aos encontrados no presente trabalho. Callister et al. (2013), em progênes de *Eucalyptus globulus*, encontrou herdabilidade individuais variando de 0,14 e 0,19 para o caráter Volume aos três anos e meio de idade, valores que foram superiores aos encontrados nesse trabalho.

Aos cinco anos houve um pequeno aumento na  $h_a^2$ , onde a média foi de 0,19, sendo que o local L1 apresentou o menor valor 0,11 considerado de baixa magnitude e o local L3 apresentou o valor mais alto 0,27 considerado de média magnitude, neste caso o Volume também apresentou valores inferiores aos encontrados para os caracteres DAP e Altura. Luo et al. (2010), avaliando progênes de *Eucalyptus grandis*,

observaram  $h_a^2$  variando de 0,05 a 0,45, de uma maneira geral superiores ao presente trabalho. Harrand et al. (2009), estudando progênies de *Eucalyptus grandis*, encontraram valores relativamente semelhantes ao presente trabalho, onde a  $h_a^2$ , variou de 0,07 a 0,35 aos quatro anos e meio de idade. Floyd et al. (2002), avaliando progênies de *Eucalyptus grandis* aos quatro anos e meio observaram  $h_a^2$  variando de 0,08 a 0,13 valores inferiores aos encontrados no presente trabalho. He et al. (2012), avaliando progênies híbridas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus tereticornis* encontraram  $h_a^2$  média de 0,20 aos quatro anos de idade, valor que foi ligeiramente superior ao encontrado no presente estudo. Aos sete anos de idade os valores de herdabilidade individual para o caráter Volume foram os maiores encontrados para este trabalho, sendo que a média observada foi de 0,24, sendo superior a média aos sete anos do caráter DAP e inferior ao caráter Altura, o local L1 apresentou o menor valor 0,11 considerado de baixa magnitude, o local L2 apresentou  $h_a^2$  de 0,25, considerada de média magnitude e o local L3 apresentou o maior valor 0,36 considerado também de média magnitude. Harrand et al. (2009), avaliando progênies de *Eucalyptus grandis* aos oito anos e meio de idade, observaram  $h_a^2$  variando de 0,10 a 0,36, valores que de maneira geral foram muito semelhantes aos encontrados no presente estudo. De uma maneira geral o local L3 pode gerar ganhos de maior magnitude para a seleção individual devido aos valores superiores de herdabilidade individual. As herdabilidades individuais no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela ( $h_{aj}^2$ ), foram ligeiramente superiores a herdabilidades individuais, no entanto foram classificadas da mesma maneira, seguindo a mesma tendência dos caracteres discutidos anteriormente, demonstrando a acurácia da estimativa de herdabilidade individual no sentido restrito. Os valores encontrados para a herdabilidade média de progênies ( $h_{mp}^2$ ) foram classificados como altos para todos os locais e idades avaliados, sendo que o local L1 sempre apresentou os menores valores, aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,57, aos cinco anos de idade o valor encontrado foi de 0,59 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,61 valores considerados altos e que foram superiores do que aqueles encontrados para os caracteres DAP e Altura, avaliados no local L1. O local L2 apresentou valores considerados de alta magnitude, onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,59 e aos sete anos de idade o valor encontrado foi de 0,73, esse valores foram superiores aos encontrados para o caráter DAP, avaliado no local L2, quando comparado a Altura aos três anos de idade foi superior e aos sete anos de idade foi inferior. O local L3 apresentou os

maiores valores de  $h_{mp}^2$ , onde aos três anos de idade o valor encontrado foi de 0,61, aos cinco anos o valor encontrado foi de 0,68 e aos sete anos o valor encontrado foi de 0,72, valores que quando comparados aos valores encontrados no local L3 para os caracteres DAP e Altura foram inferiores. Entretanto novamente é possível afirmar que estes valores indicam que a seleção baseada nas progênies pode gerar ganhos de grande magnitude devido ao alto controle genético do caráter Volume nos experimentos avaliados.

Assim como o ocorrido para os caracteres DAP e Altura, de uma maneira geral a  $h_{mp}^2$  aumenta de acordo com o tempo isso indica que o controle genético do caráter Volume também aumenta com o passar do tempo. A herdabilidade aditiva dentro de parcela ( $h_{ad}^2$ ) apresentou valores inferiores a herdabilidade individual ( $h_a^2$ ) (mesmo comportamento dos caracteres DAP e Altura), o local L1 apresentou os menores valores para esse parâmetro em todas as idades, sendo que todos foram classificados como de baixa magnitude, o local L2 apresentou os valores intermediários, no entanto aos três anos foram considerados de baixa magnitude e aos sete anos foram considerados de magnitude mediana, o local L3 apresentou os maiores valores para esse parâmetro sendo que aos três anos de idade foi considerado de baixa magnitude e aos cinco e sete anos de idade foram considerados de magnitude mediana

Com relação à Acurácia ( $\hat{r}_{aa}$ ) para o caráter Volume, todos os valores foram considerados de alta magnitude, segundo Resende (2007) que foi citado anteriormente. Aos três anos de idade a média de  $\hat{r}_{aa}$  foi de 0,780, ligeiramente superior aos valores encontrado para os caracteres DAP e Altura, o local L1 apresentou o menor valor 0,755, o local L2 apresentou valor ligeiramente superior 0,771 e o local L3 apresentou o maior valor 0,813, aos três anos de idade apenas o local L3 não apresentou valor superior aos caracteres DAP e Altura. Aos cinco anos de idade o local L1 apresentou  $\hat{r}_{aa}$  de 0,769 e o local L3 apresentou valor de 0,879, sendo que o local L1 foi superior aos caracteres DAP e Altura e o local L3 foi inferior ao caráter DAP e superior ao caráter Altura. Aos sete anos de idade o Local L1 continuou apresentando o menor valor 0,778, o local L2 apresentou valor intermediário 0,854 e o local L3 apresentou novamente o maior valor 0,907, sendo que para o local L1 foi superior aos caracteres DAP e Altura, no local L2 foi superior ao DAP e inferior a Altura e no local L3 foi inferior ao DAP e superior a Altura. Novamente a acurácia aumentou de acordo com o aumento da idade, o mesmo que aconteceu para os caracteres DAP e Altura. Os valores encontrados novamente estão dentro do ideal para o caráter, com isso é possível afirmar que a Seleção baseada no

Volume também será de realizada com precisão e exatidão, assim como o ocorrido para os caracteres DAP e Altura.

#### 4.5. Coeficiente de Variação Relativo ( $CV_r$ ).

Na tabela 12 observa-se os valores de Coeficiente de Variação Relativo ( $CV_r(\%)$ ) para os três caracteres, para as três idades e locais. Segundo Vencovsky e Barriga (1992) quanto maior o valor de  $CV_r(\%)$ , maior é o controle genético dos caracteres e menor é a influência dos fatores ambientais no fenótipo, neste trabalho esse coeficiente apresentou valores medianos até altos. A idade teve grande influência sobre a magnitude deste parâmetro sendo que quanto maior a idade do experimento, maior foi o  $CV_r(\%)$ , isso indica que o controle genético sobre os caracteres aumenta em função do tempo no caso dos experimentos avaliados. Assim, aos sete anos de idade a seleção será realizada de maneira mais efetiva. Com relação aos locais, o local L1 apresentou sempre os menores valores desse parâmetro, o local L2 apresentou os valores intermediários e o local L3 sempre apresentou os valores superiores sendo sempre maior que, indicando a menor influência do ambiente para este experimento, com isso é possível afirmar que a seleção realizada no local L3 estará sendo mais efetiva do ponto de vista genético se comparada aos locais L1 e L2 que apresentaram menor  $CV_r(\%)$ .

Tabela 12: Coeficiente de Variação relativo para os três caracteres avaliados.

IDADE	LOCAL	Caracteres		
		DAP	ALTURA	VOLUME
3	L1	0,328	0,294	0,383
	L2	0,474	0,526	0,542
	L3	0,863	0,760	0,625
	<b>Média</b>	<b>0,555</b>	<b>0,527</b>	<b>0,517</b>
5	L1	0,322	0,296	0,401
	L3	0,915	0,694	0,825
	<b>Média</b>	<b>0,619</b>	<b>0,495</b>	<b>0,613</b>
7	L1	0,316	0,638	0,413
	L2	0,609	0,896	0,733
	L3	0,997	0,902	0,962
	<b>Média</b>	<b>0,641</b>	<b>0,812</b>	<b>0,703</b>

Com relação aos caracteres, no local L1 o Volume apresentou os maiores valores para o  $CV_r(\%)$  aos três e cinco anos e a Altura apresentou o maior valor aos sete anos de idade, no local L2 os maiores valores aos três anos foram observados no caráter Volume e aos sete anos Altura e no local L3 sempre os maiores valores observados

foram para o caráter DAP, outra questão importante é que o DAP no local L3 apresentou os maiores valores de  $CV_r(\%)$ , indicando que as seleções nesse local e nesse caráter podem ser muito mais precisas e exatas, podendo gerar ganhos de maior magnitude. Uma questão que é importante ressaltar é que para se elevar os valores deste parâmetros e de outros parâmetros desde as idade mais juvenis podem ser realizados alguns ajustes nos delineamentos experimentais, ou seja, se você aumenta o número de repetições do experimento, você irá obter os parâmetros genéticos mais precisos, podendo assim gerar ganhos de maior magnitude quando realizada a seleção. Outra maneira de minimizar os erros na seleção devido a pequenos erros nos parâmetros genéticos é diminuir a intensidade da seleção nas idades mais precoces, possibilitando assim que menos indivíduos que serão considerados aptos à seleção em idades mais avançadas sejam descartados devido a erros que podem acontecer em função da menor magnitude dos parâmetros genéticos.

#### 4.6. Análise Conjunta para o caráter Diâmetro à altura do peito (DAP cm).

Na Tabela 13, observam-se os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância da interação genótipos x ambientes ( $\hat{\sigma}_i^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ). Estes valores são importantes para entender o comportamento das progênies e verificar a qualidade dos experimentos, no que diz respeito a medições, delineamento experimental, entre outros fatores.

De uma maneira geral o coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{c}_p^2$ ) apresentou valores dentro do normal, como já foi citado, o ideal é que esse valor atinja no máximo 10%, demonstrando que o ambiente não teve grande influência dentro dos blocos, não influenciando o cálculo dos parâmetros genéticos (Resende, 2002; Pinto Junior, 2004). Para o caráter DAP apenas a avaliação aos cinco anos apresentou valores superiores a 10%, sendo que a diferença não foi de grande magnitude. O aumento deste parâmetro que aconteceu aos cinco anos provavelmente é de responsabilidade da ocorrência da geada que foi anteriormente citada no tópico que discutia a sobrevivência, como a sobrevivência diminuiu muito rapidamente acabou afetando o cálculo dos parâmetros genéticos, no entanto aos sete anos foi observado que os parâmetros apresentaram novamente um comportamento semelhante ao observado no terceiro ano.

O Coeficiente de determinação da interação Genótipos x Ambientes ( $\hat{c}_{int}^2$ ) para o caráter DAP apresentou valores de baixa magnitude variando de 0,002 a 0,008, que foram inferiores aos encontrados por Duque Silva (2008), em progênies de *Eucalyptus benthamii*. A correlação genotípica entre o desempenho das progênies nos vários ambientes ( $\hat{r}_{gloc}$ ) apresentou valores que indicam que a interação não é de natureza complexa, indicando que de maneira geral o comportamento das progênies foi semelhante nos diferentes ambientes para o caráter DAP. Esses valores indicam também que o programa de melhoramento pode ser conduzido em apenas um dos locais, sem que haja comprometimento dos ganhos nos outros locais, assim é possível verificar qual dos locais está mais apto à seleção em função dos maiores valores de herdabilidade, acurácia, coeficiente de variação relativo e menores índices de coeficiente de variação experimental e coeficiente de determinação dos efeitos de parcela.

Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito ( $\hat{h}_a^2$ ), para o caráter DAP foram de baixa magnitude (Resende, 1995) para as três idades avaliadas sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,07, aos cinco anos de idade

apresentou valor de 0,11 e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,12. A herdabilidade da média de progênies ( $\hat{h}_{mp}^2$ ) para o caráter DAP apresentou valores de alta magnitude para as três idades avaliadas, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,56, aos cinco anos de idade apresentou valor de 0,52 e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,71.

A acurácia apresentou valores de alta magnitude para o caráter DAP nas três idades avaliadas, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,756, aos cinco anos apresentou valores de 0,719 e aos sete anos apresentou valores de 0,843. Esses altos valores de acurácia indicam que a seleção realizada com base no caráter DAP será realizada de com exatidão e precisão.

Tabela 13: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Diâmetro à Altura do Peito (DAP) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Parâmetros Genéticos	DAP		
	3 anos	5 anos	7 anos
$\hat{\sigma}_a^2$	0,762	2,848	4,053
$\hat{\sigma}_c^2$	0,177	2,809	0,342
$\hat{\sigma}_i^2$	0,071	0,208	0,077
$\hat{\sigma}_e^2$	9,680	19,633	29,533
$\hat{\sigma}_f^2$	10,689	25,498	34,005
$\hat{h}_a^2$	0,07	0,11	0,12
$\hat{h}_{mp}^2$	0,56	0,52	0,71
$\hat{c}_p^2$	0,017	0,110	0,010
$\hat{c}_{int}^2$	0,007	0,008	0,002
$\hat{r}_{aa}$	0,746	0,719	0,843
$\hat{r}_{gloc}$	0,728	0,774	0,930
Média	10,030	16,185	18,356

#### 4.7. Análise Conjunta para o caráter Altura de plantas (ALT m).

Na Tabela 14, observam-se os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância da interação genótipos x ambientes ( $\hat{\sigma}_i^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) para a análise efetuada para o caráter Altura. Estes valores são importantes para entender o comportamento das progênes e verificar a qualidade dos experimentos, no que diz respeito a medições, delineamento experimental, entre outros fatores. Assim como o ocorrido para o caráter DAP, o coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{c}_p^2$ ) apresentou valores dentro do normal, a exceção novamente fica por conta da análise realizada para a idade de cinco anos, que como já foi citado deve ter ocorrido em função da geada, quando o experimento tinha pouco mais de quatro anos de idade. Mesmo assim o  $\hat{c}_p^2$  apresentou valor pouco superior ao estabelecido como normal e ideal.

O Coeficiente de determinação da interação Genótipos x Ambientes ( $\hat{c}_{int}^2$ ) para o caráter Altura apresentou valores de baixa magnitude variando de 0,004 a 0,031, estes valores seguem o mesmo padrão do encontrado para o DAP, no entanto o valor máximo observado aos cinco anos foi superior a todos os valores do caráter DAP. A correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes ( $\hat{r}_{gloc}$ ) apresentou valores que assim como o observado para o caráter DAP indicam que a interação não é de natureza complexa, no entanto aos cinco anos de idade o valor foi considerado mediano, indicando que o comportamento das progênes não foi necessariamente o mesmo para todos os ambientes, esta variação pode ter ocorrido por um aumento na competição entre os indivíduos ou até mesmo por influencia de algum fator externo que não foi observado no decorrer da condução dos experimentos. aos três e sete anos é possível realizar a seleção dos melhores indivíduos em apenas um dos locais assim como ocorrido para do caráter DAP.

Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito ( $\hat{h}_a^2$ ), para o caráter Altura foram de baixa magnitude para as três idades avaliadas sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,12, valor que foi superior ao encontrado para o DAP, aos cinco anos de idade apresentou valor de 0,08, valor que foi inferior ao encontrado pra o DAP e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,13, valor superior ao encontrado para o DAP. A herdabilidade da média de progênes ( $\hat{h}_{mp}^2$ ) para o caráter Altura apresentou

valores de alta magnitude aos três e aos sete anos de idade, aos cinco anos de idade o valor é considerado de magnitude mediana, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,65, superior ao valor encontrado para o DAP, aos cinco anos de idade apresentou valor de 0,42, valor inferior ao encontrado para o caráter DAP e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,71, valor ligeiramente inferior ao encontrado para o caráter DAP.

A acurácia apresentou valores de alta magnitude para o caráter Altura nas três idades avaliadas, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,807, valor superior ao encontrado para o caráter DAP, aos cinco anos apresentou valores de 0,645, valor inferior ao encontrado para o caráter DAP e aos sete anos apresentou valores de 0,842, valor que pode ser considerado equivalente ao encontrado para o caráter DAP. Novamente esses altos valores de acurácia indicam que a seleção realizada com base no caráter DAP será realizada de com exatidão e precisão, entretanto aos cinco anos houve uma diminuição nesse valor, sendo necessária maior cautela para com essa idade para o caráter Altura.

Tabela 14: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Altura de Plantas (ALT m) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Parâmetros Genéticos	Altura		
	3 anos	5 anos	7 anos
$\hat{\sigma}_a^2$	1,083	2,059	3,680
$\hat{\sigma}_c^2$	0,585	2,773	0,617
$\hat{\sigma}_i^2$	0,036	0,782	0,104
$\hat{\sigma}_e^2$	7,537	19,950	24,106
$\hat{\sigma}_f^2$	9,242	25,564	28,506
$\hat{h}_a^2$	0,12	0,08	0,13
$\hat{h}_{mp}^2$	0,65	0,42	0,71
$\hat{c}_p^2$	0,063	0,108	0,022
$\hat{c}_{int}^2$	0,004	0,031	0,004
$\hat{r}_{aa}$	0,807	0,645	0,842
$\hat{r}_{gloc}$	0,882	0,397	0,899
Média	10,789	20,913	23,521

#### 4.8. Análise Conjunta para o caráter Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore).

Na Tabela 15, observam-se os valores de variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ), variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ), variância da interação genótipos x ambientes ( $\hat{\sigma}_i^2$ ), variância residual ( $\hat{\sigma}_e^2$ ) e variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) para a análise efetuada para o caráter Volume. Assim como o ocorrido para o caráter DAP e Altura, o coeficiente de determinação dos efeitos de parcela ( $\hat{c}_p^2$ ) apresentou valores dentro do normal, novamente aos cinco anos de idade, foi onde esse parâmetro apresentou o maior valor, que já foi comentado e encontrada a possível causa dessa variação (ocorrência de geada). Mesmo assim o  $\hat{c}_p^2$  apresentou valor pouco superior ao estabelecido como normal e ideal. O Coeficiente de determinação da interação Genótipos x Ambientes ( $\hat{c}_{int}^2$ ) para o caráter Volume apresentou valores de baixa magnitude variando de 0,004 a 0,007, estes valores seguem o mesmo padrão do encontrado para o DAP. A correlação genotípica entre o desempenho das progênes nos vários ambientes ( $\hat{r}_{gloc}$ ) apresentou valores que novamente indicam que a interação não é de natureza complexa e assim como discutido anteriormente para os outros caracteres a seleção realizada apenas no local onde os parâmetros genéticos foram mais favoráveis, irá acarretar ganhos para todos os locais, facilitando a condução do programa de melhoramento, quando considerados os três diferentes ambientes onde foram implantados estes experimentos.

Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito ( $\hat{h}_a^2$ ), para o caráter Volume foram de baixa magnitude aos três e aos cinco anos de idade, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,069, valor que foi inferior ao encontrado para os caracteres Altura e DAP, aos cinco anos de idade apresentou valor de 0,140, valor que foi superior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,156, valor superior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura. A herdabilidade da média de progênes ( $\hat{h}_{mp}^2$ ) para o caráter Volume apresentou valores de alta magnitude para as três idades avaliadas, sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,569, superior ao valor encontrado para o DAP e inferior ao encontrado para a Altura, aos cinco anos de idade apresentou valor de 0,574, valor superior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura, e aos sete anos de idade apresentou valor de 0,758, valor que também foi superior ao encontrado para o caráter DAP.

Assim como o ocorrido com os caracteres DAP e Altura, a acurácia apresentou valores de alta magnitude para o caráter Volume nas três idades avaliadas,

sendo que aos três anos de idade apresentou valor de 0,754, valor superior ao encontrado para o caráter DAP e inferior ao encontrado para o caráter Altura, aos cinco anos apresentou valores de 0,758, valor superior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura, e aos sete anos apresentou valores de 0,870, valor que novamente foi superior ao encontrado para os caracteres DAP e Altura. Assim como foi verificado para os caracteres DAP e Altura, houve altos valores de acurácia que indicam que a seleção realizada com base no caráter Volume será realizada com exatidão e precisão, cabe agora a decisão de qual a melhor opção levando em consideração a facilidade em mensurar, minimizando possíveis erros.

Tabela 15: Estimativa dos parâmetros genéticos referentes a análise conjunta nos três locais para o caráter Volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore) em progênies de *Eucalyptus benthamii*, em Telêmaco Borba – PR.

Parâmetros Genéticos	Volume		
	3 anos	5 anos	7 anos
$\hat{\sigma}_a^2$	0,00012	0,00266	0,00584
$\hat{\sigma}_c^2$	0,00002	0,00209	0,00028
$\hat{\sigma}_i^2$	0,00001	0,00014	0,00015
$\hat{\sigma}_e^2$	0,00166	0,01417	0,03116
$\hat{\sigma}_f^2$	0,00181	0,01904	0,03743
$\hat{h}_a^2$	0,07	0,14	0,16
$\hat{h}_{mp}^2$	0,57	0,57	0,76
$\hat{c}_p^2$	0,013	0,109	0,007
$\hat{c}_{int}^2$	0,004	0,007	0,004
$\hat{r}_{aa}$	0,754	0,758	0,870
$\hat{r}_{gloc}$	0,814	0,831	0,908
Média	0,056	0,212	0,307

#### 4.9. Correlações Genéticas

A correlação genética entre caracteres nada mais é que a medida da magnitude de associação genética entre caracteres de um indivíduo (FALCONER; MACKAY, 1996). As correlações genéticas podem ser utilizadas quando um caráter desejável tem difícil mensuração e com isso difícil seleção direta, assim se este caráter tiver alta correlação genética com um caráter de fácil mensuração é possível obter ganhos para os dois caracteres, selecionando apenas aquele que há maior facilidade e precisão em sua obtenção (GOLDENBERG, 1968; DUQUE SILVA, 2008).

##### 4.9.1. Correlações genéticas entre caracteres.

Na tabela 16, observa-se a correlação genética entre os caracteres DAP, Altura e Volume aos três anos de idade e sete anos para os três locais estudados (o local L2 não foi medido aos cinco anos de idade). Aos três anos de idade, considerando os três locais estudados, os valores observados podem ser considerados de alta magnitude, principalmente o valor encontrado para a correlação DAP x VOL, com isso é possível afirmar que a seleção dos melhores indivíduos realizada com base no DAP, acarreta uma seleção dos melhores indivíduos também para o Volume de madeira. Aos sete anos observa-se que estes valores foram ainda maiores para todos os caracteres, sendo que a maior correlação encontrada novamente foi para o DAP x VOL, como o DAP é um caráter onde a mensuração é mais fácil e mais precisa, podemos realizar a seleção neste caráter, obtendo ganhos também para a Altura e Volume, nos experimentos e idade avaliados.

Tabela 16: Correlações Genéticas entre caracteres estimadas nos locais L1, L2 e L3, aos três e sete anos de idade, em progênies de *Eucalyptus benthamii*.

3 ANOS		
DAP X ALT	DAP X VOL	ALT X VOL
0,80	0,95	0,75
7 ANOS		
DAP X ALT	DAP X VOL	ALT X VOL
0,91	0,98	0,89

Na Tabela 17, observam-se as correlações genéticas entre os caracteres DAP, Altura e Volume, aos três, cinco e sete anos, levando em consideração os

parâmetros genéticos obtidos nos locais L1 e L3 (foram medidos nas três idades). Aos três anos de idade todas as correlações genéticas foram consideradas de alta magnitude, destacando-se novamente a correlação entre os caracteres DAP e VOL. Aos cinco anos de idade, houve um ligeiro decréscimo nas correlações envolvendo o caráter Altura, no entanto houve aumento na correlação genética entre o DAP e VOL demonstrando que a seleção no DAP objetivando ganho também em VOL nessa idade se torna ainda mais precisa. Aos sete anos de idade as correlações genéticas também foram de alta magnitude para todos os caracteres, sendo que novamente a correlação entre DAP e Volume apresentou os maiores valores, com isso confirma-se o mesmo que aconteceu com a avaliação aos sete anos considerando os três ambientes, que o DAP é o caráter onde é mais recomendado efetuar a seleção, devido a alta correlação com a Altura e Volume, além da maior facilidade para mensuração e maior precisão no levantamento dos dados, diminuindo possíveis erros que podem ocorrer na estimação dos valores genéticos.

Tabela 17: Correlações Genéticas entre caracteres estimadas nos locais L1 e L3, aos três, cinco e sete anos de idade, em progênies de *Eucalyptus benthamii*.

3 ANOS		
DAP X ALT	DAP X VOL	ALT X VOL
0,81	0,96	0,77
5 ANOS		
DAP X ALT	DAP X VOL	ALT X VOL
0,78	0,98	0,77
7 ANOS		
DAP X ALT	DAP X VOL	ALT X VOL
0,86	0,98	0,85

#### 4.9.2. Correlações genéticas entre idades.

Na Tabela 18, observam-se os valores das correlações genéticas entre as idades para os caracteres DAP, Altura e Volume estimados aos três e sete anos (referentes a todos os locais). Este parâmetro é interessante para a tomada de decisão do melhorista em relação à possibilidade de realizar a seleção precoce dos melhores materiais genéticos em experimentos, observamos que as correlações genéticas foram todas de alta magnitude quando são comparados os caracteres aos três e sete anos, sendo que a Altura foi o caráter que apresentou o menor valor 0,71, o DAP apresentou valor de 0,81 e o

Volume apresentou a maior correlação genética 0,89. Devido aos valores das correlações genéticas terem sido de alta magnitude é possível afirmar que a seleção em idades mais precoces é eficaz.

Tabela 18: Correlações Genéticas entre idades para cada caráter estimadas nos locais L1, L2 e L3, aos três e sete anos de idade, em progênies de *Eucalyptus benthamii*.

CORRELAÇÃO GENÉTICA	CARÁTER		
	DAP	ALT	VOL
3 X 7 ANOS	0,81	0,71	0,89

Na Tabela 19, observam-se as correlações genéticas para os caracteres DAP, Altura e Volume entre as idades de três, cinco e sete anos, referentes às avaliações realizadas nos locais L1 e L3. Podemos observar que as maiores correlações genéticas foram encontradas quando a comparação é realizada entre as idades de cinco e sete anos, para todos os caracteres avaliados, sendo que o Volume apresentou o maior valor de correlação 0,98, o DAP apresentou valor ligeiramente inferior ao Volume 0,97 e a Altura apresentou o menor valor 0,85. Porém todos os valores encontrados foram de alta magnitude com isso é possível afirmar que o comportamento genético das progênies avaliadas não varia muito dos cinco para os sete anos. O mais interessante é que os valores de correlação genética entre a idade mais precoce (três anos) e a idade final de rotação (sete anos) também foram de grande magnitude, sendo que para o caráter Volume a correlação foi de 0,92 (valor muito alto), a correlação genética para o DAP foi de 0,84 e para a Altura o valor encontrado foi de 0,76. Com isso é possível realizar seleção precoce dos materiais genéticos com êxito. Uma seleção de indivíduos superiores para volume de madeira, aos três anos, tem grande chance de sucesso de seleção (91,5%) para a idade de corte aos sete anos de idade.

Tabela 19: Correlações Genéticas entre idades para cada caráter estimadas nos locais L1 e L3, aos três, cinco e sete anos de idade, em progênies de *Eucalyptus benthamii*.

DAP		
IDADE	5 ANOS	7 ANOS
3 ANOS	0,88	0,84
5 ANOS	-	0,97
ALT		
IDADES	5 ANOS	7 ANOS
3 ANOS	0,84	0,76
5 ANOS	-	0,85
VOL		
IDADES	5 ANOS	7 ANOS
3 ANOS	0,93	0,92
5 ANOS	-	0,98

#### 4.10. Seleção segundo o índice de Multi-efeitos.

A seleção dos melhores indivíduos segundo o índice de multi-efeitos foi abordada de três maneiras, primeiramente foi realizada a seleção no local L3 aos sete anos de idade, devido as características que serão explicadas posteriormente, a segunda abordagem foi a seleção precoce e a terceira abordagem foi a seleção do ponto de vista silvicultural onde é levado em consideração a sobrevivência das progênies.

A partir dos resultados das análises conjuntas foi possível afirmar que a natureza da interação genótipos x ambientes não é complexa, assim como discutido é possível eleger apenas um dos locais para se realizar a seleção de maneira mais precisa e eficaz em função de os parâmetros genéticos estarem mais favoráveis. Na primeira abordagem da seleção o local L3, foi escolhido por apresentar os maiores valores de  $CV_r(\%)$ , maiores valores de herdabilidade e maiores valores de acurácia seletiva, além de menores valores de coeficiente de variação experimental e menores valores de coeficiente de determinação dos efeitos de parcela, outra questão interessante é que por ter sofrido grande perda nos indivíduos devido a ocorrência de uma geada, os indivíduos que serão alvo da seleção são aqueles que foram mais tolerantes, características que é buscada nesta espécie tanto para a clonagem quanto para a recombinação. Com relação ao caráter escolhido para realizar a seleção, chegou-se a conclusão que o DAP é o melhor caráter, devido a maior facilidade e precisão na sua mensuração, minimizando os erros, além de que o DAP apresentou correlações genéticas de alta magnitude tanto entre idades, quanto entre os caracteres, este caráter foi escolhido também devido a maior magnitude dos parâmetros genéticos no local L3, que foi o melhor local para se realizar a seleção. A intensidade de seleção foi de 0,05 (5% dos melhores indivíduos foram selecionados), ou seja, 80 árvores.

Na tabela 20, observam-se os resultados obtidos na seleção pelo índice Multi-efeitos, onde são destacados as progênies e número de indivíduos selecionados por progênie. Das 32 progênies de *Eucalyptus benthamii*, 23 progênies estão presentes entre os 80 melhores indivíduos do teste de progênies. Em média foram selecionados 3,48 indivíduos de cada progênie. Em relação ao tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) verificou-se que com a seleção esse valor diminui de 107,6 para 37,7 houve uma diminuição de 64,95% do tamanho efetivo, no entanto para que se tenha o aumento do ganho em produtividade é necessário diminuir o tamanho efetivo, é importante

tomar algumas medidas com intuito de conservar a variabilidade genética, como introdução de materiais genéticos de outros locais, recombinação dos indivíduos e manutenção de alguns testes como fonte de variabilidade.

Tabela 20: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos sete anos de idade no local L3.

Índice Multi-efeitos ( $kf$ =variável)	
Progênie	$kf$
1	7
4	3
5	7
6	1
7	9
8	1
9	3
10	1
11	5
12	2
14	1
15	6
16	1
18	2
23	5
24	6
25	5
26	8
27	1
28	1
29	1
30	2
31	2
$N$	80
$N_{fo}$	32
$N_f$	23
$\bar{K}f$	3,48
$\sigma_{kf}^2$	6,99
$Ne$	37,7
$IME$	3,25
$Gs(\%)$	15,74
$\hat{D}$	0,463

$N$ : número de indivíduos selecionados;  $N_{fo}$ : número de famílias originais;  $N_f$ : número de famílias selecionadas;  $N_{ef}$ : número efetivo de famílias;  $\bar{k}_f$ : número médio de indivíduos selecionados por família;  $\sigma_{kf}^2$ : variância do nº de indivíduos selecionados por família;  $N_e$ : tamanho efetivo ou número status; IME = Índice Multi-efeitos ou valor genético do indivíduo;  $G_S$ : Ganho na seleção;  $D$ : Diversidade genética.

Um fator importante que deve ser observado é a Diversidade Genética ( $\hat{D}$ ), mesmo com a seleção realizada, onde a intensidade de seleção foi bem alta, 46,3% da diversidade é conservada, este valor foi elevado devido principalmente ao número de progênies que foram selecionadas (23 que corresponde a 71,9% das progênies que estavam presentes no experimento). Com relação aos ganhos com a seleção, com a recombinação dos melhores indivíduos selecionados haverá um incremento de 15,74% na média da população. Com estes dados é possível que o melhorista planeje as próximas medidas dentro do programa de melhoramento genético do *Eucalyptus benthamii*, pois diversos fatores devem ser levados em consideração, com o potencial da espécie, devem-se tomar medidas preventivas para que não haja grande diminuição da diversidade genética, para que em longo prazo ainda se torne possível obter ganhos de grande magnitude.

Na segunda abordagem da seleção devido as correlações genéticas entre as idades foram de alta magnitude, é possível realizar a seleção precoce, aos três anos de idade, dos melhores indivíduos tendo um maior ganho em função do tempo. Foi utilizado novamente o local L3 para ser realizada a seleção devido aos parâmetros genéticos terem sido maior magnitude, a intensidade de seleção foi a mesma 0,05 sendo selecionados os 80 melhores indivíduos.

Na tabela 21, observam-se os resultados obtidos na seleção pelo índice Multi-efeitos, onde são destacados as progênies e número de indivíduos selecionados em cada progênie. Aos três anos de idade, das 32 progênies de *Eucalyptus benthamii*, 23 progênies diferentes estão presentes nos 80 melhores indivíduos. Em média foram selecionados 3,48 indivíduos por progênie, no entanto a variância no número de indivíduos por progênie foi alta, devido a algumas progênies terem tido muito indivíduos selecionados. Houve grande diminuição do tamanho efetivo da população ( $N_e$ ), onde o valor era de 127,38 e passou a ser 27,10, é necessário tomar algumas medidas preventivas para conservar a variabilidade genética, com já foi sugerido anteriormente.

Tabela 21: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos três anos de idade no local L3.

Índice Multi-efeitos ( $kf$ =variável)	
Progênie	$kf$
1	17
4	1
5	10
6	2
7	5
8	1
9	1
11	1
12	2
14	4
15	11
16	1
18	1
19	1
21	1
23	7
24	1
25	8
26	1
28	1
29	1
30	1
31	1
$N$	80
$N_{fo}$	23
$N_f$	32
$\bar{K}f$	3,48
$\sigma_{kf}^2$	18,53
$N_e$	27,10
$IME$	1,57
$G_s(\%)$	17,96
$\hat{D}$	0,292

$N$ : número de indivíduos selecionados;  $N_{fo}$ : número de famílias originais;  $N_f$ : número de famílias selecionadas;  $N_{ef}$ : número efetivo de famílias;  $\bar{k}_f$ : número médio de indivíduos selecionados por família;  $\sigma_{kf}^2$ : variância do nº de indivíduos selecionados por família;  $N_e$ : tamanho efetivo ou número status;  $IME$  = Índice Multi-efeitos ou valor genético do indivíduo;  $G_s$ : Ganho na seleção;  $D$ : Diversidade genética.

Devido à alta intensidade de seleção houve uma grande diminuição da diversidade genética, onde 29,2% serão conservados nesta seleção aos três anos de idade. Com relação aos ganhos na seleção e recombinação dos indivíduos haverá um incremento de 17,96%, este valor foi superior ao obtido aos sete anos de idade, lembrando que este incremento seria obtido aos três anos de idade, se for levado em consideração o tempo o ganho com a seleção precoce é ainda maior, pois é alcançado um incremento de 5,99% ao ano e na seleção aos sete anos é alcançado um incremento de 2,25% ao ano. Estes valores demonstram o potencial de aumento de produtividade com a seleção precoce dos melhores indivíduos, lembrando que é importante embasar este procedimento através dos parâmetros genéticos e das correlações genéticas.

Na terceira abordagem do ponto de vista silvicultural, o local escolhido para a seleção foi o local L1 devido a maior sobrevivência das progênies. Do ponto de vista do melhoramento genético são buscadas sempre as árvores com maior volume individual buscando aumentar a produtividade ( $m^3/\text{árvore}$ ), no entanto do ponto de vista da silvicultura é necessário buscar a maior produtividade por unidade de área ( $m^3/\text{ha}$ ). Na tabela 22, observam-se os resultados obtidos na seleção pelo índice multi-efeitos aos três anos de idade. A intensidade de seleção utilizada foi a mesma das outras duas abordagens (0,05 = 5% dos melhores indivíduos), totalizando 90 indivíduos. Das 34 progênies presentes no local L1, apenas nove estiveram representadas nos 90 indivíduos selecionados, com isso houve uma grande diminuição do tamanho efetivo da população ( $N_e$ ), que passou de 125,06 para 14,37 após a seleção. Houve também grande diminuição da diversidade genética, sendo que a seleção realizada conserva 12,8% da diversidade, isso se deve a poucas progênies serem selecionadas devido a alta intensidade de seleção. Com relação aos ganhos na seleção, há um incremento de 7,11%, com a seleção e recombinação dos 90 indivíduos selecionados.

Tabela 22: Seleção dos melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos para o caráter DAP aos três anos de idade no local L1.

Índice Multi-efeitos (kf=variável)	
Progênie	kf
1	20
5	3
8	5
16	1
17	4
19	2
24	2
26	26
32	27
<i>N</i>	90
<i>N<sub>fo</sub></i>	9
<i>N<sub>f</sub></i>	34
$\bar{K}f$	10,00
$\sigma_{kf}^2$	120,50
<i>Ne</i>	14,37
<i>IME</i>	0,83
<i>G<sub>s</sub></i> (%)	7,11
$\hat{D}$	0,128

*N*: número de indivíduos selecionados; *N<sub>fo</sub>*: número de famílias originais; *N<sub>f</sub>*: número de famílias selecionadas; *N<sub>ef</sub>*: número efetivo de famílias;  $\bar{k}_f$ : número médio de indivíduos selecionados por família;  $\sigma_{kf}^2$ : variância do nº de indivíduos selecionados por família; *N<sub>e</sub>*: tamanho efetivo ou número status; *IME* = Índice Multi-efeitos ou valor genético do indivíduo; *G<sub>s</sub>*: Ganho na seleção; *D*: Diversidade genética.

Outra questão importante de ser salientada, é que do ponto de vista teórico foi escolhido um local para realizar a seleção dos melhores indivíduos como foi descrito acima, sendo desconsiderados os indivíduos dos outros locais, para se tornar mais didático e fácil de realizar e discutir o trabalho. No entanto do ponto de vista pratico, a seleção pode ser realizada no local mais favorável, mas também podem ser selecionados os melhores indivíduos dos outros locais, recombinação todos os indivíduos e assim podendo alcançar resultados muito bons e favoráveis. Neste contexto também se encaixa a seleção visando a clonagem dos melhores indivíduos, pois devem ser clonados e avaliados em testes clonais os indivíduos que obtiveram os maiores valores genotípicos em cada local.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu as seguintes conclusões:

- Existe variabilidade genética na população de *Eucalyptus benthamii*, da procedência de Kedumba Valley, NSW, Austrália, instalada na empresa Klabin S.A, em Telêmaco Borba, PR, fundamental para subsidiar progressos genéticos em programas de melhoramento. Salienta-se que esta população é de grande importância estratégica, pelo fato de estar proibida a coleta de sementes na Austrália, local de origem da espécie;

- Os caracteres de crescimento (DAP, altura de plantas e volume de madeira) estão altamente correlacionados do ponto de vista genético e fenotípico. É possível selecionar os indivíduos superiores para volume de madeira, aos três anos de idade, podendo-se assim reduzir o tempo de avaliação dos programas de melhoramento genético da espécie e

- Com a seleção dos 80 melhores indivíduos por meio do índice Multi-efeitos, foi possível obter ganhos de 15,74% para DAP, aos sete anos de idade, mantendo 46,3% da diversidade genética presente na população de progênies. No entanto, com a seleção precoce realizada aos três anos de idade é possível obter ganhos de

17,96%, mantendo-se 29,2% da diversidade genética da população, a seleção precoce demonstra ser uma alternativa interessante para manter maiores ganhos, em menor espaço de tempo. Com a seleção, pela abordagem silvicultural, realizada no local L1, aos três anos de idade, foi possível obter ganhos de 7,11%, no entanto, a diversidade genética foi reduzida para 12,8%.

## 6. REFERÊNCIAS

ABRAF, Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas: ano base 2011/ **ABRAF**. – Brasília, 2012.

ARNOLD, R.J., JOHNSON, I.G., OWEN, J.V. Genetic variation in growth, stem straightness and wood properties in *Eucalyptus dunnii* trials in northern New South Wales. **Forest Genetics**. v.11, n.1, p. 1-12, 2004.

ASSIS, T. F., RESENDE, M. D . V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v1: 44-49, 2011

BELTRAME, R., BISOGNIN, D.A., MATTOS, B.D., CARGNELUTTI FILHO, A., HASELEIN, C.R., GATTO, D.A., SANTOS, G.A. Desempenho Silvicultural e seleção de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.6, 791-796, 2012.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 5. Ed. Viçosa, MG; Editora UFV, 2009. 529 p.

BUENO, L.C.S. **Melhoramento Genético de Plantas: princípios e procedimentos.** Lavras: UFLA, 2001.

BUTCHER, P.A., SKINNER, A.K., GARDINER, C.A. Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant populations of the rare *Eucalyptus benthamii*. **Conservation Genetics**, v.6, p.213–226, 2005.

CAIXETA, R. P.; CARVALHO, D.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Variações genéticas em populações de *Eucalyptus* spp. detectadas por meio de marcadores moleculares. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 357-363, 2003.

CALLISTER, A.N., ENGLAND, N., COLLINS, S. Genetic analysis of *Eucalyptus globulus* diameter straightness, branch size, and forking in Western Australia. **Canadian Journal of Forest Research**, v.41, p.1333-1343, 2011.

CALLISTER, A.N., ENGLAND, N., COLLINS, S. Predicted genetic gain and realized gain in stand volume of *Eucalyptus globulus*. **Tree Genetics and Genomes**, v.9, p.361-375, 2013.

CAPPA, E.P., PATHAUER, P.S. LOPEZ, G.A. Provenance variation and genetic parameters of *Eucalyptus viminalis* in Argentina. **Tree Genetics and Genomes**, v.6, p.981–994, 2010.

CHAMSHAMA, S.A.O., MUGASHA, A.G., WATE, P.A. Variation in performance of *Eucalyptus tereticornis* provenances at Michafutene, Mozambique. **Silvae Genetica**, v.48, n.6, p.261–266, 1999.

COSTA, R.B., AZEVEDO, L.P.A., MARTINEZ, D.T., TSUKAMOTO FILHO, A.A., FERNANDES, D.A., OLIVEIRA, O.E., RESENDE, M.D.V. Avaliação genética de *Eucalyptus camaldulensis* no estado do Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira** v.32, n.70, p.165-173, 2012.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: Editora-UFV, 2005. p.394.

CUNNINGHAM, S.A. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. **Proceedings of the Royal Society of London B**, v.267, p.1149–1152, 2000.

DEL QUIQUI, E.M., MARTINS, S.S., SHIMIZU, J.Y. Eucalyptus para o noroeste do estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 5, 1173-1177, 2001.

DUQUE SILVA, L. **Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. 2008. 256 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

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

FLOYD, R.B., ARNOLD, R.J., FARREL, G.S., FARROW, R.A. Genetic variation in growth of *Eucalyptus grandis* grown under irrigation in south-eastern Australia. **Australian Forestry**, v.66, n.3, p.184-192, 2002.

FONSECA, S.M., RESENDE, M.D.V., ALFENAS, A.C., GUIMARÃES, L.M.S., ASSIS, T.F., GATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010. 200p.

FRANKEL, O.H., BROWN, A.H.D., BURDON, J.J. **The Conservation of Plant Biodiversity**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

GAN, S., LI, M., LI, F., WU, K., BAI, J. Genetic analysis of growth and susceptibility to bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Eucalyptus by interspecific factorial crossing. **Silvae Genetica**, v.53, n.5-6, p.254-258, 2004.

GRATTAPAGLIA, D., VAILLANCOURT, R.E., SHEPHERD, M., THUMMA, B.R., FOLEY, W., KULHEIM, C., POTTS, B.M., MYBURG, A.A. Progress in Myrtaceae

genetics and genomics: *Eucalyptus* as the pivotal genus. **Tree Genetics and Genomes**, v.8, p.463-508, 2012.

FREITAS, R.G., VASCONCELOS, E.S., CRUZ, C.D., ROSADO, A.M., ROCHA, R.B., TAKAMI, L.K. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, v. 33, n.2, p.25–263, 2009.

GODEBENBERG, J.B. El empleo de la correlación em el mejoramiento genético de las plantas. **Fitotécnica Latino Americana**, v.5, p.1-8, 1968.

GRAÇA, M.E.C., SHIMIZU, J.Y. TAVARES, F.R. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p.135-138, 1999.

GRIFFIN A.R., COTTERILL P.P. Genetic variation in growth of outcrossed, selfed and open-pollinated progenies of *Eucalyptus regnans* and some implications for breeding strategy. **Silvae Genetica**, v.37, p.124–131, 1988.

GRIFFIN A.R., BURGESS I.P., WOLF L. Patterns of natural and manipulated hybridisation in the genus *Eucalyptus* L'Herit. – a review. **Australian Journal of Botany**, v.36, p.41–66, 1988.

HARDNER, C.M., POTTS, B.M. Inbreeding depression and changes in variation after selfing in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. **Silvae Genetica**, v.44, p.46–54, 1995.

HARRAND, L., HERNÁNDEZ, V., UPTON, L., VALVERDE, R. Genetic parameters of growth traits and wood density in *Eucalyptus grandis* progenies planted in Argentina. **Silvae Genetica**, v.58, n.1-2, p.11-19, 2009.

HE, X., LI, F., LI, M., WENG, Q., SHI, J., MO, X., GAN, S. Quantitative genetics of cold hardiness and growth in *Eucalyptus* as estimated from *E. urophylla* x *E. tereticornis* hybrids. **New Forests**, v.43, p.383-394, 2012.

HESHENG, L., XIUMEI, H., JIANZHONG, L., ARNOLD, R.J. Genetic variation in growth and stem straightness in *Eucalyptus saligna* trials in Fujian. **Australian Forestry**, v.75, n.3, p.163-174, 2012.

HIGA, R. C. V. e PEREIRA, J. C. D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: Embrapa Florestas, 2003 (**Comunicado Técnico no. 100**). 4p.

HODGSON, L.M. Some aspects of flowering and reproductive behaviour of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden at J.D.M. Keet Research Station 2. The fruit, seed, seedlings, self-fertility, selfing and inbreeding effects. **South Africa Forestry Journal**, v.98, p.32-43, 1976.

HOULE, D. Comparing evolvability and variability of quantitative traits. **Genetics**, n.30, p.195-204, 1992.

HUNDE, T., DAGUMA, D., GIZACHEW, B., MAMUSHET, D., TEKETAY, D. Growth and form of *Eucalyptus grandis* provenances at Wondo Genet, southern Ethiopia. **Australian Forestry**, v.66, n.3, p.170 – 175, 2003.

HUNDE, T., MAMUSHET, D., DAGUMA, D., GIZACHEW, B., TEKETAY, D. Growth and form of *Eucalyptus saligna* provenances at Wondo Genet, southern Ethiopia. **Australian Forestry**, v.66, n.3, p.213-216, 2003.

KUBE, P.D., RAYMOND, C.A., BANHAM, P.W. Genetic parameters for diameter, basic density, cellulose content and fibre properties for *Eucalyptus nitens*. **Forest Genetics**, v.8, n.4, p.285-294, 2001.

LEIGH, J., BRIGGS, J., HARTLEY, W. Rare or threatened Australian Plants. Special Publication 7. **Australian National Parks & Wildlife Service**, Canberra, 1981.

LUO, J., ZHOU, G., WU, B., CHEN, D., CAO, J., LU, W., PEGG, R.E., ARNOLD, R.J. Genetic variation and age-age correlations of *Eucalyptus grandis* at Dongmen Forest Farm in southern China. **Australian Forestry**, v.73, n.2, p.67-80, 2010.

LUO, J., ARNOLD, R.J., AKEN, K. Genetic variation in growth and typhoon resistance in *Eucalyptus pellita* in south-western China. **Australian Forestry**, v.69, n.1, p.38–47, 2006.

MARCÓ, M., WHITE, T.L. Genetic parameter estimates and genetic gains for *Eucalyptus grandis* and *E. dunnii* in Argentina. **Forest Genetics**, v.9, n.3, p.205-215, 2002.

MORI, E.S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção.** 1993. 119 f. Tese (Doutorado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1993.

PINTO JÚNIOR, J. E. **REML/ BLUP para a análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** 2004. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PIRES, I.E., RESENDE, M.D.V., SILVA, R.L., RESENDE JR., M.F.R. **Genética Florestal.** Viçosa, MG: Arka, 2011. 318p.

PROBER, S.M., BROWN, A.H.D., X Conservation of the grassy white box woodlands: population genetics and fragmentation of *Eucalyptus albens*. **Conservation Biology**, v.8, p.1003–1013, 1981.

PRYOR, L.D. Australian endangered species: Eucalypts. Special Publication 5. **Australian National Parks & Wildlife Service**, Canberra, 1981.

RESENDE, M. D. V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561p.

RESENDE, M.D.V. **Selegen-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359p.

RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 1, p. 44-52, 2000.

ROSADO, A.M., ROSADO, T.B., RESENDE JUNIOR, M.F.R., BHERING, L.L., CRUZ, C.D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.12, 1653-1659, 2009.

SHELBOURNE, G.J.A. Genotype-environment interaction: Its study and implications in forest tree improvement. In: **IUFRO Genetics Sabrao Joint Symposia**, 1972, Tokyo. **Anais Tokyo**, 1972. p. B-1(1), 1 - B-1(1),28.

SKINNER, A. The effects of tree isolation on the genetic diversity and seed production of Camden White Gum(*Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage). **Australian National Herbarium, Centre for Plant Biodiversity Research**, 2003. Disponível em: <<http://www.anbg.gov.au/cpbr/summer-scholarship/2002-projects/skinner-alison-report.html>>. Acesso em: 03 de maio de 2012.

SOUZA, C.S., FREITAS, M.L.M., MORAES, M.L.T., SEBBENN, A.M. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres quantitativos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla*. **Floresta**, v.41, n.4, 847-856, 2011.

SOUZA, S.M.; SILVA, H.D.; PINTO JÚNIOR, J.E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.26/27, p.3-16, jan/dez. 1993.

STAPE, J.L., BINKLEY, D., RYAN, M.G., FONSECA, S., LOOS, R.L., TAKAHASHI, E.N., SILVA, C.R., SILVA, S.R., HAKAMADA, R.E., FERREIRA, JM.A., LIMA, A.M.N., GAVA, J.L., LEITE, F.P., ANDRADE, H.B., ALVES, J.M., SILVA, G.G.C., AZEVEDO, M.R. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v.259, p. 1684–1694, 2010.

TOLFO, A.L.T. et al. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 101-110, 2005.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416 p.

VOLKER, P.W. **Quantitative genetics of *Eucalyptus globulus*, *E. nitens* and their F1 hybrid**. Ph.D. thesis, Department of Botany, The University of Tasmania, Hobart, Tasmania, 2002.

YOUNG, A., BOYLE, T., BROWN, A. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends Ecology Evolution**, v.11, p.413–418, 1996.

## **Apêndice**

Apêndice 1: Sobrevivência média das progênies para o local L1 em função da idade.

LOCAL 1			
PROGÊNIES	SOBREVIVÊNCIA		
	3 ANOS	5 ANOS	7 ANOS
1	79,6	77,8	74,1
2	64,8	59,3	50,0
3	90,7	87,0	79,6
4	88,9	87,0	81,5
5	88,9	83,3	81,5
6	96,3	94,4	92,6
8	88,9	88,9	88,9
9	94,4	92,6	87,0
10	77,8	75,9	68,5
11	87,0	87,0	85,2
12	87,0	81,5	77,8
13	98,1	88,9	85,2
14	75,9	72,2	66,7
15	90,7	85,2	83,3
16	87,0	85,2	83,3
17	87,0	81,5	79,6
18	50,0	46,3	40,7
19	85,2	81,5	72,2
20	79,6	68,5	66,7
21	81,5	77,8	72,2
22	81,5	77,8	75,9
23	90,7	90,7	90,7
24	92,6	87,0	87,0
25	90,7	83,3	83,3
26	77,8	72,2	68,5
27	88,9	85,2	85,2
28	90,7	85,2	81,5
29	96,3	94,4	90,7
30	94,4	94,4	90,7
31	68,5	64,8	59,3
32	92,6	92,6	90,7
33	85,2	81,5	74,1
34	79,6	74,1	68,5

Apêndice 2: Sobrevivência média das progênies para o local L2 em função da idade.

LOCAL 2		
PROGÊNIES	SOBREVIVÊNCIA	
	3 ANOS	7 ANOS
1	76,0	64,0
2	60,0	42,0
3	74,0	72,0
4	60,0	56,0
5	76,0	70,0
6	60,0	58,0
7	72,0	68,0
8	86,0	76,0
9	72,0	64,0
10	64,0	58,0
11	74,0	72,0
12	56,0	52,0
13	70,0	66,0
14	60,0	54,0
15	60,0	54,0
16	58,0	48,0
17	72,0	68,0
18	40,0	32,0
19	66,0	54,0
20	66,0	50,0
21	58,0	50,0
22	62,0	54,0
23	70,0	60,0
24	80,0	76,0
25	78,0	74,0
26	84,0	78,0
27	78,0	72,0
28	74,0	62,0
29	70,0	66,0
30	74,0	68,0
31	68,0	66,0
32	72,0	62,0
33	80,0	76,0
34	74,0	72,0
35	80,0	78,0

Apêndice 3: Sobrevivência média das progênies para o local L3 em função da idade.

LOCAL 3			
PROGÊNIES	SOBREVIVÊNCIA		
	3 ANOS	5 ANOS	7 ANOS
1	94,0	50,0	50,0
2	86,0	50,0	46,0
3	96,0	50,0	50,0
4	90,0	50,0	48,0
5	88,0	50,0	50,0
6	96,0	52,0	50,0
7	90,0	52,0	52,0
8	96,0	50,0	50,0
9	84,0	44,0	44,0
10	98,0	36,0	36,0
11	84,0	50,0	48,0
12	84,0	28,0	28,0
13	88,0	44,0	44,0
14	92,0	48,0	48,0
15	96,0	60,0	58,0
16	96,0	50,0	50,0
17	92,0	22,0	20,0
18	92,0	44,0	38,0
19	88,0	50,0	42,0
20	92,0	48,0	46,0
21	94,0	48,0	48,0
22	96,0	48,0	48,0
23	96,0	50,0	50,0
24	100,0	52,0	52,0
25	94,0	52,0	52,0
26	96,0	48,0	48,0
27	90,0	38,0	38,0
28	100,0	50,0	48,0
29	88,0	46,0	46,0
30	96,0	48,0	48,0
31	94,0	46,0	46,0