

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GLÉISON AUGUSTO DOS SANTOS

INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES PARA PRODUTIVIDADE
DE HÍBRIDOS MULTI-ESPÉCIES DE EUCALIPTO
NO RIO GRANDE DO SUL

CURITIBA
2012

GLÉISON AUGUSTO DOS SANTOS

INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES PARA PRODUTIVIDADE
DE HÍBRIDOS MULTI-ESPÉCIES DE EUCALIPTO
NO RIO GRANDE DO SUL

Tese apresentada ao Curso de Pós - Graduação em
Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial
à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Marcos Deon Vilela de Resende

CURITIBA
2012

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Santos, Glêison Augusto dos

Interação genótipos x ambientes para produtividade de híbridos multi-espécies de eucalipto no Rio Grande do Sul / Glêison Augusto dos Santos. – 2012
128 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Deon Vilela de Resende

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 23/10/2012.

Área de concentração: Silvicultura.

1. Eucalipto – Melhoramento genético. 2. Eucalipto – Rio Grande do Sul. 3. Hibridização vegetal. 4. Teses. I. Resende, Marcos Deon Vilela de. II. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. III. Título.

CDD – 634.956

CDU – 634.0.232.13



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 946

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Glêison Augusto dos Santos* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**INTERAÇÃO GENÓTIPOS x AMBIENTES PARA PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS MULTI-ESPÉCIES DE EUCALIPTOS NO RIO GRANDE DO SUL**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.

Dr. Luciana Duque Silva
Universidade de São Paulo - ESALQ
Primeiro examinador

Dr. Paulo Eduardo Telles dos Santos
Embrapa Florestas
Segundo examinador

Dr. Estefano Paludzyszyn Filho
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Terceiro examinador

Dr. Antonio Riroyei Higa
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador

Dr. Marcos Deon Vilela de Resende
Embrapa Florestas
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 23 de outubro de 2012.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

DEDICO:

“A todos aqueles que acreditam que uma grande nação se faz com investimento em pesquisa, gerando ciência e tecnologia, proporcionando desenvolvimento e emprego para o povo do nosso país”.

e ao,

“Povo brasileiro, que apesar de todas as dificuldades pagou a minha graduação, mestrado e doutorado em instituições públicas e de qualidade”.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais (Roberto Sebastião dos Santos e Geralda Elizabete Pereira dos Santos) pela ética moral repassada a toda a família, pela presença em todos os momentos e de todas as formas, que nunca me deixaram fraquejar durante o caminho.

Aos meus irmãos (Graciene, Roberto Jr. - em especial - e Wemerson), pela compreensão e apoio durante toda a minha formação profissional.

A minha esposa Laine Cristina Fernandes dos Santos pelos momentos felizes, as boas conversas e a convivência que fizeram o doutorado mais leve e divertido e também, por ter apoiado muito nas discussões e formatação desse trabalho.

Aos meus filhos Glêison Augusto Fernandes dos Santos e Ana Carolina Fernandes dos Santos, que me fazem uma pessoa melhor, mais compreensiva e apaixonado por eles. Eu amo vocês galera do mal !...

Ao Prof. Marcos Deon pelos ensinamentos, a paciência e a parceria que ajudaram a moldar a minha formação como melhorista florestal.

Aos conselheiros e membros de banca examinadora: Antônio Higa, Luciana Duque, Paulo Telles e Estefano Filho, que tanto contribuíram para o aperfeiçoamento desse trabalho.

A Klabin S.A, na pessoa do Engenheiro Florestal José Totti, pelo incentivo inicial para a realização desse doutorado e o apoio logístico para cumprir com os créditos necessários em Curitiba.

Ao Grupo CMPC, nas pessoas de Rodrigo Alarcon, Renato Rostirolla e Walter Lidio, pela confiança no meu trabalho e formação profissional, além do apoio para a defesa e entrega da versão final dessa tese.

Ao Teotônio Francisco de Assis, grande *coach* da minha formação profissional como Engenheiro Florestal em uma empresa de celulose e papel. Além, de amigo inestimável e parceiro de vinhos pelo mundo...

A Universidade Federal do Paraná (UFPR), que acolheu extremamente bem esse Engenheiro Florestal mineiro, de Viçosa e que tanto contribuiu para a melhoria de minha formação profissional.

A todos os companheiros de jornada: James Sthal, Franco Quevedo, Darlon Sousa, Jose Baptista, Aurélio Aguiar, Thais Vagaes, Alan Batista, César Santana, Antonio Reno, Bruno Morales, Carlos Mendes, Rogério Silva, João Bauer, Norberto Jardim, Rafael Malinovski, Norton Borges, Luis Henrique Silva, Ricardo Malinovski, Aristides Ribeiro, Rogério Aguiar, Nuno Borralho, Aloísio Xavier, Eduardo Osório, Pedro Melo, Rodrigo Thomaz, Haroldo Paiva, Ronaldo RR, Cumpadre Lu, Darian Gireli, Alex Medina, Veronica Emhart, Edgardo Velilla e tantos outros amigos pela oportunidade de trabalho conjunto e a troca de experiências ao longo dessa vida.

Ao eterno Raul Santos Seixas, que assim como eu o cumpadre Robson e o Rodador, sabíamos que o grande segredo do universo está em cada um de nós, e portanto, cada um tem o seu segredo. “E viver é ser feliz e nada mais”.

(Conseguimos)...

BIOGRAFIA

GLÊISON AUGUSTO DOS SANTOS, filho de Roberto Sebastião dos Santos e Geralda Elizabete Pereira dos Santos, nasceu em 11 de Abril de 1977, em Paraopeba, MG.

Em 1991, concluiu o 1º grau na Escola Estadual Padre Augusto Horta, em Paraopeba, MG. Em 1994, concluiu o 2º grau Técnico em Contabilidade na Escola da Comunidade Bernardo Mascarenhas (CNEC), em Caetanópolis, MG.

Entre 1995 e 1997 atuou como estagiário do Centro de Apoio a Pesquisa e Experimentação Florestal (CAPEF) da V & M Florestal em Paraopeba, MG.

Em março de 1998 ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG, diplomando-se em setembro de 2002. Nesse mesmo ano, ingressou no Curso de Mestrado em Ciências Florestais na área de Concentração de Genética e Melhoramento Florestal, na UFV, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2004.

Entre 2004 e 2009, atuou como melhorista florestal de *Eucalyptus* e *Pinus* na empresa KLABIN S.A., nas unidades de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Atualmente, é pesquisador sênior em Melhoramento Florestal e Coordenador de Viveiros da empresa CMPC Celulose Riograndense.

Em março de 2009, ingressou no curso de doutorado em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná (UFPR), submetendo-se a defesa de tese em outubro de 2012.

RESUMO

O presente trabalho objetivou estudar a interação genótipos x ambientes em diferentes ambientes de cultivo de *Eucalyptus* no estado do Rio Grande do Sul, discutir estratégias de recomendação de clones de acordo com os resultados encontrados e ainda verificar a estabilidade e adaptabilidade de diferentes clones e híbridos de *Eucalyptus* a essa região. Os ensaios foram conduzidos nas áreas da empresa CMPC Celulose Riograndense, nos municípios de Minas do Leão (horto florestal Cambará), Encruzilhada do Sul (horto florestal Capivara) Dom Feliciano (horto florestal Fortaleza) e Vila Nova do Sul (horto florestal São João). No ano de 2007, foi implantada uma rede de testes clonais com 864 clones de *Eucalyptus*, nesses quatro ambientes produtivos, como testemunha comparativa foi utilizado o principal clone comercial plantado pela empresa (clone 32864 de *Eucalyptus saligna*). Aos três anos de idade, foram mensurados o diâmetro a altura do peito (*dap*) e a altura total (*Ht*) das árvores dos experimentos. O incremento médio anual (IMA) foi calculado de acordo com o volume individual por clone e o estande de plantas no hectare na idade de avaliação do teste clonal. A análise de densidade básica foi realizada de forma indireta, com o uso do aparelho Pilodyn. Foi desenvolvido um índice de matéria seca (IMApeso), com o objetivo de criar um ordenamento que unisse a produtividade no campo (volume em m³/ha.ano), com a densidade da madeira. A sobrevivência foi avaliada, mediante o número de árvores vivas por clone no experimento, no momento das medições de *dap* e *Ht*. Os resultados encontrados demonstraram que para todos os caracteres avaliados, a acurácia seletiva foi alta, indicando a confiabilidade das estimativas previstas nesse trabalho. Ocorreu interação genótipos x ambientes significativa para os caracteres avaliados, exceto para a densidade da madeira medida pelo Pilodyn. As produtividades (m³/ha.ano) foram superiores nos sites São João e Cambará, em seguida no ordenamento ficou o site Capivara, que foi superior ao site Fortaleza. Quando os ambientes foram avaliados dois a dois, somente existiu alta correlação genética, entre os ambientes Cambará e Fortaleza. Para as demais combinações, a correlação genética foi baixa. Esses resultados indicam que é necessário selecionar clones específicos, para as combinações de ambientes com baixa correlação genética entre si. Também, é importante que o programa de melhoramento genético considere essas informações, pode-se optar por exemplo, pela divisão das áreas para recomendação de clones em "unidades de produção". Para esse estudo, seriam necessárias três "unidades de produção" para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes. Os ganhos genéticos em produtividade tanto para volume, como para IMApeso foram altos (43 e 55 %), em relação a média geral dos experimentos. Porém, quando se levou em consideração a testemunha (clone operacional atual), esses ganhos reduziram para 14 e 12%. Incluindo-se a seleção por estabilidade, adaptabilidade e os dois atributos simultaneamente, ocorreu mudança de clones e de posição entre os clones no ordenamento de seleção. Com a seleção simultânea por estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG), os ganhos aumentaram em comparação com a seleção pelo valores genotípicos preditos entre os ambientes, principalmente, ocorreu aumento dos ganhos em relação à testemunha comercial. Os melhores clones com base nessa seleção para os diferentes ambientes foram: 39912, 39659, 6808, 36190 e 39407. Os híbridos mais promissores para a geração de clones superiores foram *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*), *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. grandis*), *E. saligna* x (*E. grandis* x *E. urophylla*) e *E. grandis* x *E. kirtoniana*.

Palavras chave: *Eucalyptus*, híbridos multi-espécies, clones, interação genótipos x ambientes.

ABSTRACT

The present study investigated the genotype x environment interaction in different places of cultivation *Eucalyptus* in the state of Rio Grande do Sul, to discuss strategies recommendation of clones according to the results and also verify the stability and adaptability of different clones and *Eucalyptus* hybrids to this region. The tests were conducted in the areas of company CMPC Celulose Riograndense in the municipalities of Minas do Leão (farm Cambará), Encruzilhada do sul (farm Capivara) Dom Feliciano (farm Fortaleza) and Vila ova do Sul (farm São João) . In 2007, was deployed a network of clonal tests with 864 clones of *Eucalyptus*, these four production environments, as witness was used comparative main commercial clone planted by the company (clone 32864 *Eucalyptus saligna*). At three years of age, we measured the diameter at breast height (*dbh*) and total height (*Ht*) the trees of the experiments. The mean annual increment (MAI) was calculated according to the volume per individual clone and plant stand in hectare at age of valuation the clonal test. The basic density analysis was performed indirectly, using the Pilodyn device, aiming to developed an index of (MAIweight), aiming to create a ranking that united the productivity in the field (in volume m³/ha.ano), with wood density. The survival was evaluated by the number of live trees per clone in the test, when the measurements of *dbh* and *Ht*. The results demonstrated that for all characters evaluated, selective accuracy was high, indicating the reliability of the estimates provided in this work. There was significant genotype x environment interaction for the characters evaluated except for wood density measured by Pilodyn. The yields (m³/ha.year) were higher in site Cambará and São João, then the ranking was the Capivara site, which was superior than the Fortaleza site. When environments were evaluated two and two, existed only high genetic correlation between environments Cambará and Fortaleza. For the other combinations, the genetic correlation was low. These results indicate that it is necessary to select clones specific for combinations of environments with low genetic correlation. Also, it is important that the breeding program considers this information, you can opt for example, by dividing the areas for recommendation of clones in "units of production". For this study, it would take three "units of production" to minimize the effects of genotype x environment interaction. Genetic gains in productivity for both volume and for IMAweight were high (43 and 55%) than the overall average of the experiments. However, when we took into account the witness (clone operating current), these gains have significantly reduced (14 and 12%). Including selection for stability, adaptability, and both attributes simultaneously occurred change of position between clones and the clones in order of selection. With the simultaneous selection for stability and adaptability (MHPRVG), gains increased compared to the values predicted genotypic selection between environments, especially, there was an increase in gains compared to the control. The five best clones based on that selection for different environments were: 39912, 39659, 6808, 36190 and 39407. The hybrids most promising for the generation of superior clones were *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*), *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. grandis*), *E. saligna* x (*E. grandis* x *E. urophylla*) and *E. grandis* x *E. kirtoniana*.

Key-words: *Eucalyptus*, multi species hybrid, clones, genotype x environment interaction.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1- MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS QUATRO AMBIENTES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.....40

CAPÍTULO 2

FIGURA 1- MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS QUATRO AMBIENTES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.....72

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- TABELA 1- LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE QUATRO AMBIENTES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.....39
- TABELA 2- NÚMERO TOTAL E PORCENTAGEM DE CLONES DE DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE EUCALYPTUS, UTILIZADOS EM QUATRO AMBIENTES PARA EXPERIMENTAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....41
- TABELA 3- NÚMERO TOTAL DE CLONES POR AMBIENTE, CLONES COMUNS NOS AMBIENTES DOIS A DOIS E CLONES COMUNS EM TODOS OS AMBIENTES, UTILIZADOS PARA A ANÁLISE CONJUNTA DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES.....44
- TABELA 4- ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS, PARA OS CARACTERES DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (dap), ALTURA TOTAL, VOLUME (m³/ha.ano), PILODYN (MM), IMApeso E SOBREVIVÊNCIA (%) PARA CLONES DE EUCALYPTUS, AVALIADOS NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.....47
- TABELA 5- ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CADA UM DOS QUATRO AMBIENTES ESTUDADOS E TAMBÉM PARA A ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES PARA O CARÁTER VOLUME (m³/ha.ano).....49
- TABELA 6- CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE OS AMBIENTES, AVALIADOS DOIS A DOIS, PARA A CARACTERÍSTICA PRODUTIVIDADE EM VOLUME (m³/ha.ano).....51
- TABELA 7- ORDENAMENTO DE CLONES POR SEUS VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE EM VOLUME (m³/ha.ano), NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.....53
- TABELA 8- ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (IMApeso), NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.....56
- TABELA 9- ORDENAMENTO DE COINCIDÊNCIA DE CLONES SELECIONADOS PELAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVIDADE VOLUME (m³/ha.ano) E PRODUTIVIDADE EM IMApeso.....57

TABELA 10- ESTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHVG),
ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (PRVG) E
ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS
(MHPRVG) PREDITOS PELA ANÁLISE BLUP, PARA O CARÁTER
PRODUTIVIDADE (volume m³/ha.ano).....59

TABELA 11- ESTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHVG),
ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (PRVG) E
ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS
(MHPRVG) PREDITOS PELA ANÁLISE BLUP, PARA O CARÁTER
PRODUTIVIDADE (IMApeso).....62

CAPÍTULO 2

TABELA 1- LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS
DE QUATRO AMBIENTES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL,
UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.....71

TABELA 2- NÚMERO TOTAL E PORCENTAGEM DE CLONES DE DIFERENTES
ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *EUCALYPTUS*, UTILIZADOS EM
QUATRO AMBIENTES PARA EXPERIMENTAÇÃO.....73

TABELA 3- ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS PARA A VARIÁVEL
PRODUTIVIDADE EM VOLUME (m³/ha.ano) DOS 30 MELHORES
CLONES AVALIADOS NOS QUATRO AMBIENTES.....81

TABELA 4- PORCENTAGEM DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS, PRESENTES ENTRE
OS 30 MELHORES CLONES, NA ANÁLISE INDIVIDUAL PARA
VOLUME (m³/ha.ano) PARA OS QUATRO AMBIENTES.....83

TABELA 5- ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS PARA A VARIÁVEL
IMApeso DOS 30 MELHORES CLONES AVALIADOS NOS QUATRO
DIFERENTES AMBIENTES.....85

TABELA 6- PORCENTAGEM DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS, PRESENTES ENTRE
OS 30 MELHORES CLONES, NA ANÁLISE INDIVIDUAL PARA
IMApeso NOS QUATRO DIFERENTES AMBIENTES.....86

TABELA 7- ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS
PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE VOLUME
(m³/ha.ano), PARA AS DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS NA
ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES, CONSIDERANDO
OS 30 MELHORES CLONES PARA ESSE CARÁTER.....88

TABELA 8-	ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (IMApeso), PARA AS DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES, CONSIDERANDO OS 30 MELHORES CLONES PARA ESSE CARÁTER.....	89
TABELA 9-	ESTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE SIMULTANEAMENTE (MHPRVG) PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE VOLUME (m ³ /ha.ano).....	91
TABELA 10-	ESTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHPRVG) PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE EM IMApeso.....	94

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 HÍBRIDOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	20
2.2 MEDIÇÃO INDIRETA DE DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA	21
2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES.....	23
2.4 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE	24
2.5 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE VIA MODELOS MISTOS	27
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 1 - PRODUTIVIDADE, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i>, EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO RIO GRANDE DO SUL.....	36
1 INTRODUÇÃO.....	36
2 MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1 ÁREAS DE ESTUDO	38
2.2 TOMADA DE DADOS	42
2.3 ÍNDICE DE IMApeso	43
2.4 SOBREVIVÊNCIA.....	43
2.5 DELINEAMENTOS ESTATÍSTICOS E ANÁLISE DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
3.1 ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS	47
3.2 ANÁLISE DOS AMBIENTES DOIS A DOIS.....	51
3.3 GANHOS GENÉTICOS.....	52
3.4 AGREGAÇÃO DE QUALIDADE DA MADEIRA	55
3.5 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE.....	58
4 CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS.....	64
CAPÍTULO 2: ADAPTABILIDADE DE DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE <i>Eucalyptus</i> AO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	68
1 INTRODUÇÃO.....	68
2 MATERIAL E MÉTODOS	70
2.2 TOMADA DE DADOS	74
2.3 ÍNDICE DE IMApeso	75
2.4 SOBREVIVÊNCIA.....	75
2.5 DELINEAMENTOS ESTATÍSTICOS E ANÁLISE DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE	75
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
3.1 DESEMPENHO DAS ESPÉCIES E HÍBRIDOS NOS DIFERENTES AMBIENTES, PARA O CARÁTER VOLUME (m ³ /ha.ano)	78
3.4 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE.....	90
4 CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS	96
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
4 APÊNDICES.....	102

PREÂMBULO

O presente trabalho de doutorado, está organizado em 04 diferentes seções, com os seguintes tópicos:

1) Considerações Iniciais: contextualização da importância do trabalho de avaliação da interação genótipos x ambientes no estado do Rio Grande do Sul;

2) Revisão Bibliográfica: revisão do estado da arte da avaliação da interação genótipos x ambientes e da produção de híbridos de *Eucalyptus*;

3) Capítulos:

- Produtividade, adaptabilidade e estabilidade de clones de *Eucalyptus*, em diferentes condições edafoclimáticas no Rio Grande do Sul

- Adaptação de diferentes espécies e híbridos de *Eucalyptus* no Rio Grande do Sul;

4) Considerações Finais: análise final das diferentes seções, ressaltando os principais pontos relevantes do trabalho, de acordo com os objetivos propostos;

SEÇÃO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O setor brasileiro de florestas plantadas, é um dos propulsores do desenvolvimento econômico do Brasil, sendo responsável por cerca de 53 bilhões de reais de faturamento anual e de 7,6 bilhões de reais em arrecadação de tributos. As indústrias que usam com base as florestas plantadas geram ainda, cerca de 4,7 milhões de empregos (5% da população economicamente ativa) e são responsáveis por 19,0% (10,6 bilhões de reais) do saldo da balança comercial brasileira (ABRAF, 2012).

O estado do Rio Grande do Sul, possui cerca de 535.000 ha de florestas plantadas. A principal área de plantio no estado, são com espécies do gênero *Eucalyptus* e o seu plantio abrange área de cerca de 280.000 hectares (ABRAF, 2012). Isso corresponde a 6% da área total de *Eucalyptus* plantada no Brasil.

As principais áreas de plantio no estado estão em regiões sob a influência de duas empresas do setor de Celulose e Papel. A CMPC Celulose Riograndense, tem sua principal área de abrangência ao longo da depressão central e mais recentemente, adquiriu áreas no extremo sul do estado, próximas à fronteira com o Uruguai (ex áreas da Fibria Projeto Losango); por sua vez a empresa StoraEnso possui áreas no oeste do estado, próximo a divisa com a Argentina.

Pela distribuição dos plantios apresentada, pode-se observar que os plantios de *Eucalyptus* no estado do Rio Grande Sul, abrangem ampla distribuição geográfica, com variações marcantes de clima e solo, que podem afetar a adaptação e produtividade das diferentes espécies, híbridos e clones plantados na região.

Segundo Costa *et al.* (2009) existe grande variabilidade nos solos da região, decorrente principalmente da diversidade geológica e de condições locais de topografia, a qual condiciona fluxos superficiais e subsuperficiais de água. Variações locais, associadas ao solo, ao clima, à litoestrutura, à topografia e à hidrologia, além de variáveis climáticas, como por exemplo a ocorrência de geadas, podem formar ambientes com diferentes capacidades produtivas (STRECK *et al.*, 2008).

Dessa maneira, com a forte importância econômica do setor brasileiro de florestas plantadas ligadas ao *Eucalyptus* e a variação de características edafoclimáticas apresentadas para o estado do Rio Grande do Sul, observa-se a

necessidade de melhor entendimento da interação da produtividade das diferentes espécies de *Eucalyptus* plantadas no estado, com as suas diferentes condições de clima e solo.

O desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo. A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental, denomina-se interação cultivares x ambientes (ANPUTHAS *et al.*, 2011).

A interação genótipos x ambientes constitui-se num dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou recomendação de cultivares. Entre as alternativas para se amenizar a influência dessa interação, tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (CRUZ *et al.*, 2004; RESENDE, 2007; ROSADO *et al.*, 2012).

Os principais materiais genéticos do gênero *Eucalyptus* plantados no Rio Grande do Sul atualmente, são o *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (urograndis) e mais recentemente o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* (uroglobulus) e o *Eucalyptus benthamii*.

Com base nessas informações, é de se esperar que haja oportunidade de escolha de diferentes espécies, híbridos e clones, mais estáveis e adaptados para as diferentes condições edafoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul, fazendo com que as produtividades florestais se elevem e que a rentabilidade do negócio florestal seja maximizada.

Assim, o presente trabalho objetivou estudar a interação genótipos x ambientes em diferentes ambientes de cultivo de *Eucalyptus* no estado do Rio Grande do Sul, discutir estratégias de recomendação de clones de acordo com os resultados encontrados e ainda verificar a estabilidade e adaptabilidade de diferentes clones e híbridos de *Eucalyptus* a essa região.

SEÇÃO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HÍBRIDOS DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Eucalyptus*

A hibridação interespecífica tem se constituído na forma mais rápida e eficiente de obtenção de ganhos genéticos no melhoramento de espécies de *Eucalyptus*, com reflexos diretos e significativos na indústria de base florestal. A busca de complementaridade nas características tecnológicas da madeira, a tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como a manifestação de heterose, verificada em vários cruzamentos híbridos, constituem os principais caminhos para se produzir indivíduos superiores em crescimento, adaptação e qualidade da madeira (ASSIS e MAFIA, 2007).

Apesar do sucesso alcançado pelo uso de híbridos de espécies do gênero *Eucalyptus* no Brasil e em vários outros países, a manifestação de heterose para crescimento em espécies florestais é um assunto controverso. Embora haja vários relatos sobre a ocorrência de heterose no cruzamento entre várias espécies desse gênero (MARTIN, 1989; ASSIS, 1996; NIKLES, 1992; DENISON e KIETZKA, 1992), existem questionamentos acerca de sua real origem, se complementaridade ou heterose “per se” (SEDGLEY e GRIFFIN, 1989; ELDRIDGE *et al.*, 1993) e também sobre a validade da natureza dos controles normalmente utilizadas como base de comparação para a determinação da sua magnitude. Sedgley e Griffin (1989), por exemplo, questionam o uso de testemunhas produzidas por polinização livre nesse tipo de comparação. Esses autores enfatizam que, o uso de testemunhas de polinização livre, endogâmicas em proporção desconhecida, como comparadores para avaliar híbridos de polinização controlada, sempre exogâmicos, pode levar a resultados inadequados. Por outro lado, apesar da existência de indivíduos heteróticos, a combinação de características complementares tende a ser mais valorizada do que a heterose em programas de produção de híbridos em *Eucalyptus* (DEMUNER e BERTOLUCCI, 1994).

Segundo Assis e Mafia (2007) existe grande número de espécies de *Eucalyptus* que são compatíveis entre si quanto ao cruzamento genético, o que permite inúmeras combinações e, assim, atende às exigências dos mais diferentes

ambientes de plantio e às finalidades de usos. A grande diversidade interespecífica deste gênero facilita a busca de combinações desejáveis nos programas de melhoramento genético para distintas finalidades industriais. Além disso, a grande diferenciação entre as espécies, em termos de crescimento e propriedades tecnológicas da madeira, é um fator importante na produção de combinações complementares, capazes de proporcionar ganhos simultâneos em crescimento e qualidade da madeira.

O melhoramento das propriedades tecnológicas da madeira é de grande importância para a indústria de base florestal, apresentando reflexos positivos tanto no processo industrial quanto na qualidade do produto. Muitas dessas propriedades são capazes de promover impactos significativos nos custos de processo, ganhos de produção e qualidade do produto, além de poder reduzir os níveis de impacto ambiental decorrentes do processo de fabricação de celulose. Apesar dessa importância, são raros os estudos que avaliam as conseqüências qualitativas e quantitativas do cruzamento entre espécies de *Eucalyptus* sobre as características tecnológicas produzidas. Talvez a única exceção seja feita à densidade básica da madeira, para a qual existem avaliações e vários trabalhos mostrando ter essa característica herança genética do tipo aditivo (TIBBITS *et al.*, 1995; ASSIS, 1996).

2.2 MEDIÇÃO INDIRETA DE DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Existem várias metodologias para a determinação da densidade básica na madeira, utilizando discos, cavacos e baguetas. Entre eles, citam-se o método de imersão em um líquido de densidade conhecida e o método do máximo teor de umidade, prescritos pela NBR 11941/2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003).

A avaliação não destrutiva é definida como sendo a ciência de identificar as propriedades físicas e mecânicas de uma peça de determinado material, sem alterar suas capacidades de uso final (ROSS *et al.*, 1998). De acordo com Oliveira e Sales (2002) e Oliveira *et al.* (2003), os métodos não destrutivos apresentam vantagens em relação aos métodos convencionais para caracterização da madeira, tais como:

maior rapidez para analisar uma grande população e versatilidade para se adequar a uma rotina padronizada numa linha de produção.

A avaliação não destrutiva é uma importante ferramenta para a caracterização da madeira, podendo ser utilizada pelas indústrias para melhorar o controle de qualidade dos processos através de uma maior uniformidade na matéria-prima e em seus derivados (ERIKSON *et al.*, 2000). Segundo Ross *et al.* (1998) é possível uma caracterização eficaz da madeira por meio de métodos não destrutivos, uma vez que a avaliação é feita na própria peça ou estrutura.

Embora a densidade básica da madeira seja considerada como a mais importante característica qualitativa da madeira (ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989), os altos custos envolvidos na sua análise e o tempo despendido na colheita de amostras de madeira (por vezes com a necessidade do abate de árvores) e sua preparação em laboratório, a avaliação desta característica da madeira é muitas vezes negligenciada.

Numa tentativa de ultrapassar esta dificuldade, tem-se procurado desenvolver um método mais fácil e barato de estimar (ou fazer um ordenamento) indiretamente para a densidade da madeira. Um deles é designado pelo método de Pilodyn, que embora tenha sido desenvolvido na Suíça para avaliar o grau de podridão da madeira de postes de transmissão, é atualmente empregado na estimativa da densidade básica da madeira.

Este aparelho funciona através da resistência à penetração no tronco da árvore, de um pino rígido sob pressão constante, cuja profundidade de penetração é, em princípio, inversamente proporcional à densidade da madeira. Além de ser um método não destrutivo, permitindo que as árvores permaneçam em pé para análises posteriores em idades mais avançadas. Apresenta ainda, as vantagens de rapidez, isenção de erros sistemáticos por parte do operador, a não necessidade de extração de amostras de madeira com sondas e custos inferiores a outros métodos (HUBER, 1984; MOURA e SANTIAGO, 1991; GREAVES *et al.*, 1996).

2.3 INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES

O desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo (VENDUSCROLO *et al.*, 2001). A resposta diferenciada das cultivares à variação ambiental denomina-se interação cultivares x ambientes, isto significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes (CRUZ *et al.*, 2004; ANPUTHAS *et al.*, 2011).

O trabalho clássico de Eberhart e Russell (1966) propôs que uma região para a qual se pretenda desenvolver cultivares pode ser dividida em sub-regiões dentro das quais a interação passa a ser não-significativa. Todavia, mesmo com este refinamento, as interações podem permanecer elevadas, considerando que a estratificação do ambiente não reduz a interação cultivares x anos, nem controla eficazmente as variações imprevisíveis do ambiente (ALLARD e BRADSHAW, 1964).

Dessa maneira, a interação genótipos x ambientes constitui-se num dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou recomendação de cultivares. Entre as alternativas para se amenizar a influência dessa interação, tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (RESENDE, 2007; ROSADO *et al.*, 2012)

Anputhas *et al.* (2011) pondera que a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade e estabilidade, é essencial para regiões com diferentes ambientes produtivos, ou com estações climáticas marcantes.

Conceitualmente, segundo Cruz e Carneiro (2003) a adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e a estabilidade é a capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente.

Para a avaliação dos genótipos, visando a estudos de adaptabilidade e estabilidade, é necessário conduzir experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais, sendo portanto, uma das etapas mais importantes, trabalhosas e onerosas, em um programa de melhoramento (ROCHA *et al.*, 2005; SILVA e DUARTE, 2006; RESENDE, 2007);

Em termos do melhoramento, dependendo do que se pretende obter, a ocorrência de significativa interação genótipos x ambientes (G x A) nem sempre é desejável, existindo várias opções para atenuar os efeitos dessa interação, tais como: (i) identificar genótipos específicos para cada ambiente; (ii) promover subdivisões de uma área heterogênea em sub-regiões mais uniformes, de modo que os genótipos não interajam significativamente com os ambientes; e (iii) identificar genótipos com maior estabilidade fenotípica (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Geralmente, a opção mais utilizada é a (ii), seguida pela opção (i) dentro da (ii). A opção (iii) requer estudos sobre o desempenho genotípico, com base nos parâmetros adaptabilidade e estabilidade, pelos quais torna-se possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (RAMALHO *et al.*, 1993; CRUZ e REGAZZI, 1994).

A primeira opção, embora possível, é limitada pela infinidade de ambientes nos locais com clima tropical e subtropical, o que onera e dificulta as etapas de produção de sementes e manutenção dos inúmeros genótipos necessários, para os programas de melhoramento e também para a produção comercial de sementes, ou propágulos vegetativos. Além disso, conforme ressaltado por Ramalho *et al.* (1993), o ambiente pode ser muito restritivo e quaisquer variações imprevistas nestas condições, podem fazer com que o material genético indicado já não mais o seja.

Apesar da sua grande importância para o melhoramento, a simples análise da interação genótipos x ambientes não proporciona informações completas e exatas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, devem ser realizadas análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ e REGAZZI, 1994).

2.4 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), as propriedades adaptação e a estabilidade, embora sejam características relacionadas, não devem ser

considerados como um só. Nesse sentido, vários métodos foram propostos para medir tais parâmetros, sendo que suas diferenças provêm dos diversos conceitos empregados e dos diferentes procedimentos estatísticos utilizados para suas determinações.

As análises de adaptabilidade e estabilidade fenotípica são complementares a análise de variância individual e conjunta dos experimentos (CRUZ e CARNEIRO, 2003; CRUZ *et al.*, 2004). Na literatura, podem ser encontrados vários métodos para avaliar a estabilidade de genótipos, os principais, bem como suas vantagens e desvantagens podem ser encontrados em Lin *et al.* (1986).

Conforme Vendruscolo (1997), as metodologias de análise da estabilidade e adaptabilidade dos genótipos também são ferramentas úteis na verificação dos efeitos da interação genótipos por ambientes no desempenho fenotípico dos genótipos. A autora afirma que estas metodologias são úteis quando se deseja minimizar o risco de cometer erros na seleção de genótipos na presença de efeito significativo da interação genótipo por ambiente, tendo assim maior previsibilidade de comportamento dos genótipos frente às variações ambientais.

Quando o objetivo é selecionar genótipos produtivos em um amplo espectro de ambientes, é interessante que a interação genótipo por ambiente seja de baixa magnitude e tenha efeito não significativo. Para selecionar genótipos altamente adaptados a ambientes específicos, preferem-se situações de grande interação genótipo por ambiente. Um genótipo que é superior em ambientes muito específicos, mas que apresenta comportamento medíocre em outros, só terá valor se as condições ambientais requeridas por ele forem prevalentes na região de implantação da cultivar. Como as condições de ambiente são bastante flutuantes, deve-se ter cautela na indicação de genótipos. Tanto para espectro amplo ou restrito de ambientes, sempre deve ser estimada a significância, a natureza e a magnitude da interação genótipos por ambientes (BORÉM, 1997).

O valor fenotípico de um indivíduo, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico sob a influência do meio ao qual é submetido. No entanto, ao avaliar o mesmo indivíduo em vários ambientes, surge, freqüentemente, um componente adicional que influencia o seu valor fenotípico, que é denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais. Essa interação quantifica o comportamento diferenciado dos genótipos diante das variações ambientais (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

A interpretação dos termos adaptabilidade e estabilidade é apresentada diferentemente por cada pesquisador. Por exemplo, Mariotti *et al.* (1976), sugerem que a adaptabilidade seria a capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais.

Verma *et al.* (1978) definiram a adaptabilidade como a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis, mas com competência para responder à melhoria das condições ambientais. A estabilidade de comportamento de um genótipo também pode ser definida como a previsibilidade de sua adaptabilidade ou, em termos estatísticos, como o ajuste do genótipo ao modelo (linear, bissegmentado ou não-linear) adotado.

Becker (1981) distinguiu dois tipos de estabilidade: a biológica ou homeostática e a agrônômica. A estabilidade biológica seria aquela em que o genótipo mantém uma produtividade constante entre ambientes; já na estabilidade no sentido agrônômico, o genótipo é considerado estável se produzir bem em relação ao potencial produtivo dos ambientes testados. Segundo Fox *et al.* (1997), a idéia de estabilidade agrônômica está relacionada com ordenamento; e genótipo estável é aquele consistentemente bem ordenado nos ordenamentos de produtividade.

Para Eberhart e Russell (1966), adaptabilidade designa à capacidade dos genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente.

A estabilidade, segundo Allard e Bradshaw (1964) é vista de um modo geral sob os aspectos da homeostase populacional e individual. O primeiro compreende o caso em que diferentes genótipos são adaptados a diferentes faixas de variação ambiental.

O segundo é visto como uma consequência de uma reação estabilizadora dos indivíduos "per se", de modo que cada membro da população adapta-se a diversos ambientes. Desta maneira, populações de base genética estreita são mais dependentes da homeostase individual para conservar seus caracteres, porém, em populações de ampla base genética, os tipos de homeostase estão presentes. Desse modo, um genótipo estável para os autores, é aquele que apresenta potencial para ajustar o seu estado genotípico e fenotípico às flutuações ambientais.

Lin *et al.* (1986) sugeriram três conceitos sobre estabilidade: a) Tipo 1: o genótipo é considerado estável se sua variância entre ambientes for pequena, relacionado a respostas relativamente pobres em ambientes de baixas produtividades, e, baixas produtividades em ambientes altamente produtivos; b) Tipo 2: o genótipo estável é aquela em que sua resposta aos ambientes é paralela ao desempenho médio de todos os genótipos avaliados nos experimentos; e c) Tipo 3: genótipo estável apresenta o quadrado médio do desvio de regressão baixo, próximo a zero, ou seja, alta confiabilidade na resposta estimada.

Becker e Léon (1988) dividiram estabilidade em estática e dinâmica. O tipo estática está associado àqueles genótipos que apresentam desempenho constante com as variações ambientais, sendo um tipo de estabilidade desejável quando se quer preservar determinada característica genética. O tipo dinâmico está associado aos genótipos que apresentam um comportamento previsível dentro das variações ambientais.

Vencovsky e Torres (1988) apontaram os tipos de estabilidade espacial e temporal. Segundo os autores a estabilidade espacial é sinônimo de adaptabilidade, enquanto na estabilidade temporal espera-se boa produtividade, sem que haja interações com as flutuações climáticas existentes entre anos.

Para esse estudo, será considerado o conceito proposto por Mariotti *et al.* (1976), em que a adaptabilidade é a capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais.

2.5 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE VIA MODELOS MISTOS

As análises de variância e regressão possuem como suposição básica a independência dos erros, sendo na prática um procedimento aproximado em situações mais complexas, já o método REML (máxima verossimilhança residual ou restrita) permite relaxar essa suposição, permitindo maior flexibilidade em sua utilização. Além disso, pela análise de variância há limitação para a análise conjunta

no caso de heterogeneidade das variâncias residuais entre os ambientes, o que não ocorre no caso do REML (RESENDE, 2007).

Um dos pontos mais importantes no melhoramento genético é a predição dos valores genéticos dos vários genótipos avaliados, sendo que esta necessita de estimativas dos componentes de variância conhecidos ou estimados com precisão. Assim, o procedimento ótimo para predição de valores genéticos BLUP (melhor predição linear não viciada) e o procedimento ótimo de estimação de componentes de variância REML, estão associados a um modelo linear misto, isto é, modelo que contém efeitos fixos além da média geral e efeitos aleatórios além do erro.

Nos estudos de melhoramento genético, a consideração dos efeitos de tratamentos como aleatórios conduz a maior acurácia preditiva. Esta consideração dos efeitos de tratamentos como aleatórios é interessante nos programas de melhoramento genético, possibilitando a realização de seleção genética, caso contrário, a seleção é fenotípica e não genética (RESENDE, 2007).

A importância de se considerar os materiais genéticos como de efeitos aleatórios, mesmo que os materiais sejam considerados de efeitos fixos em outras abordagens, foram levantadas também por Piepho (1998), Duarte (2000) e com maiores detalhes por Resende (2002).

No caso dos modelos mistos com efeitos aleatórios de tratamentos, as principais propriedades do BLUP são: a maximização da acurácia seletiva, a minimização do erro de predição, a predição não viciada de valores genéticos, a maximização do ganho genético por ciclo de seleção e a maximização da probabilidade de selecionar o melhor entre vários genótipos (RESENDE, 2002).

O BLUP dos efeitos de genótipos x ambientes ($g \times a$) considera a herdabilidade dos efeitos da interação $g \times a$, assim elimina os ruídos ou efeitos residuais da interação, por ocasião do processo de predição de $g \times a$. Resende (2004) relatou que um modelo univariado, considerando todos os ambientes simultaneamente, é adequado para seleção tendo-se em vista a produtividade média nos vários ambientes.

Contudo, para o mesmo autor, uma metodologia mais completa pode permitir inferências adicionais, como: seleção de genótipos específicos para cada local, seleção de genótipos estáveis através dos locais, seleção de genótipos responsivos a melhoria do ambiente e seleção pelos três atributos (produtividade, estabilidade e adaptabilidade), simultaneamente.

Recentemente, os procedimentos de interpretação mais simples têm tido maior aceitação nos estudos de adaptabilidade e estabilidade, os quais incorporam ambos (adaptabilidade e estabilidade) em uma única característica, como os métodos de Lin e Binns (1988) e o MHPRVG, que foi proposto por Resende (2004).

Estas inferências com conseqüente seleção de cultivares, podem ser realizadas pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG), o qual classifica os efeitos de clones como aleatórios e, portanto, fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica.

Esse método ordena os genótipos simultaneamente por seus valores genéticos e estabilidade, utilizando o BLUP sob médias harmônicas dos valores genéticos (MHVG). Quanto menor o desvio padrão do comportamento genotípico nos locais, maior será o valor de MHVG, assim a seleção pelos maiores valores de MHVG implica na seleção para produtividade e estabilidade, simultaneamente. Quanto à adaptabilidade pode ser mensurada pela performance relativa dos valores genéticos (PRVG), onde os valores genéticos preditos são expressos como proporção da média geral de cada local, obtendo-se posteriormente o valor médio desta proporção através dos locais (RESENDE, 2007).

Segundo Resende (2004), as principais vantagens da seleção usando o método MHPRVG, comparadas com outros métodos são: a) considera os efeitos genéticos como aleatórios e, portanto, fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; b) permite lidar com desbalanceamentos; c) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; d) permite considerar erros correlacionados dentro de locais; e) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; f) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; g) não depende da estimação de outros parâmetros, tais como coeficientes de regressão; h) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado; i) permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos (produtividade, adaptabilidade e estabilidade), simultaneamente.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**, ano base 2011/ABRAF. - Brasília: 2012. 150p.

ALLARD, R.W., A.D. BRADSHAW, 1964. Implications of genotype-environment interactions. **Crop Sci.**, 4: 503-508.

ANPUTHAS et al., Stability and adaptability analysis of rice cultivars using environment-centered yield in two-way ANOVA model. **Communications in Biometry and Crop Science** Vol. 6, No. 2, 2011, pp. 80–86.

ASSIS, T.F., MAFIA, R.G. Hibridação e Clonagem. In: Borém, A. **Biotecnologia Florestal**. Viçosa, MG, Editora UFV. 2007. pp: 93-121.

ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, 189:185. pp.32-51. 1996.

BECKER, H. C.; LEON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Berlin, v. 101, n. 1,p. 1-23, 1988.

BECKER, H.C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica*, 30:835-840, 1981.

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: UFV, 547p.1997.

COSTA, et al., Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul utilizando-se levantamento de solos. **Scientia Forestale**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 367-375, dez. 2009.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, vol 1, editora UFV, 2004, p. 171-201

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa : UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v.2.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa do eucalipto. **O Papel**, v. 55, n. 1, p. 16-23, 1994.

DENISON, N., KIETZKA, J.E. The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. **IUFRO Conference Resolving Tropical Forest Resource Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species**. Cartagena and Cali, Colombia, 1992, p.348-358.

DUARTE, J.B. **Sobre o emprego e a análise estatística do delineamento em blocos aumentados no melhoramento genético vegetal**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP. Piracicaba. 293 p.

EBERHART A., RUSSELL W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, 6, 36 – 40.

ELDRIDGE, K., DAVIDSON, J., HARWOOD, C., VAN WYK, G. Eucalypt domestication and breeding. **Oxford Science Publications**, Oxford, 288p. 1993.

ERIKSON, R. G.; GORMAN, T. M.; GREEN, D. W.; GRAHAM, D. Mechanical grading of lumber sawn from small-diameter lodgepole pine, ponderosa pine and grand fir trees from northern Idaho. **Forest Product Journal**, v. 50, n. 7/8, p. 59-65, 2000.

FOX, P.N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotype-environment interaction. In: KEMPTON, R.A.; FOX, P.N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. New York: Chapman e Hall, 1997. p. 117-138.

GREAVES, B.L.; BORRALHO, N.M.G.; RAYMOND, C.A.; FARRINGTON, A.: Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. **Canadian Journal of Forest Research**, 26(9): p. 1643-1650, 1996.

HUBER, F. Détection en forêt du caractère ondé des érables sur pied. **Annales des Sciences Forestières**. 41(4): 461-470, 1984.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVICTH, L. P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-900, 1986.

MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de cana de azúcar. I. Interacciones dentro de un localidad experimental. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, San Miguel de Tucumán, v.13, n.14, p.105-127, ene. 1976.

MARTIN, B. (1989). The benefits of hybridization. How do you breed for it? IUFRO Conference on Breeding Tropical Trees. **Proceedings. Pattaya, Oxford Forestry Institute**, 1989, pp.79-92.

MOURA, V.P.G.; SANTIAGO, J. Densidade básica da madeira de espécies de *Pinus* tropicais determinada através de métodos não-destrutivos. Planaltina, EMBRAPA-CPAC (**Boletim de Pesquisa**, 33). 1991. 14p.

NIKLES, D.G. (1992). Hybrids of forest trees: The bases of hybrid superiority and discussion of breeding methods. **IUFRO** Conference Resolving Tropical Forest Resource Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species. Cartagena and Cali, Colombia, 1992, pp.333-347.

OLIVEIRA, F. G. R.; FRANCIELI, M. C.; LUCCHETE, F.; CALIL JR., C.; SALES, A. Avaliação de propriedades mecânicas de madeira por meio de ultra-som. In: III Pan-American Conference For Nondestructive Testing. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil. 2003.

OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, A. Ultrasonic measurements in Brazilian hardwood. **Materials Research**, São Carlos, v. 5, n.1, p. 51-55, 2002.

PIEPHO, H.P. 1998. Empirical best linear unbiased prediction in cultivar trials using factor analytic variance-covariance structures. **Theoretical and Applied Genetics**, 97: 195-201.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RESENDE, M.DV. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 562p.

RESENDE, M. D. V. Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos e campo. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 60 p. (**Embrapa Florestas Documentos 100**).

RESENDE, M.D.V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002. 975p.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.255-266,2005.

ROSADO, A.M. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012

ROSS, R.J.; BRASHAW, B.K.; PELLERIN, R.F. Nondestructive evaluation of wood. **Forest Products Journal**, v. 48, n. 1, p.14-19, 1998.

SEDGLEY, M., GRIFFIN, R.A. (1989). Sexual reproduction of tree crops. **Academic Press**, London, 361p.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.23-30, 2006.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

TIBBITS. W.N., DEAN, G., FRENCH, J. Relative pulping properties of *Eucalyptus nitens* x *E. globulus* F₁ hybrids. **CRCTHF-IUFRO Conference Eucalyptus Plantation: Improving Fiber Yield and Quality**. Hobart. Australia.1995. p.83-84

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética Biométrica no Fitomelhoramento: **Sociedade Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto. 1992. 496p.

VENDRUSCOLO, E. C. G. **Comparação de métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho pipoca (*Zea mays*) na região centro-sul do Brasil**. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1997.

VENDUSCROLO et al., Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VENCOVSKY, R.; TORRES, R.A.A. Estabilidade geográfica e temporal e algumas cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1988. **Anais...** Belo Horizonte: EMBRAPA, CNPMS, 1988. p.294-300.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theor. Appl. Genet.**, 53:89-91, 1978.

ZOBEL, B. J., VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood Variation - Its causes and control**. **Springer Series in Wood Science**, Ed: Timell, T. E., Springer-Verlag, 363p, 1989.

SEÇÃO 3

CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1: PRODUTIVIDADE, ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE *Eucalyptus*, EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DO RIO GRANDE DO SUL

1 INTRODUÇÃO

A análise da interação genótipos x ambientes em *Eucalyptus* é fundamental para selecionar os melhores materiais genéticos com base no seu desempenho em diferentes condições edafoclimáticas de plantio (NUNES *et al.*, 2002; ROCHA *et al.*, 2005; ROSADO *et al.*, 2012). O desempenho de cultivares varia, normalmente, com a mudança de ambientes, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo (VENDUSCROLO *et al.*, 2001), isto significa na prática que ocorre interação genótipos x ambientes.

Porém, na rotina da implantação florestal no Brasil, por muitas vezes essa análise é negligenciada. Alguns poucos clones, que adquirem a confiança de determinada empresa florestal e de plantadores florestais da região (fomentados, pequenos e médios proprietários de terra) são plantados em toda a região de influência dessa empresa.

No geral, isso acontece porque o clone apresenta boa produtividade, é de boa propagação em viveiro e sua silvicultura é considerada fácil, ou seja se desenvolvem bem nos primeiros dois anos, diminuindo custos de silvicultura. Porém, por muitas vezes essa "região de influência" de determinada empresa, abrange milhares de hectares e essa área, pode conter ambientes ou microclimas diferenciados, onde esses clones não apresentam desempenho tão estável, conforme o esperado.

Essas informações vão ao encontro da definição clássica de interação genótipos x ambientes: em que na prática pode-se dizer que a melhor população ou indivíduos (clones) em um ambiente, não são necessariamente os melhores para outros ambientes, com condições edafoclimáticas diferentes (GAUCH e ZOBEL, 1988; VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; NUNES *et al.*, 2002; RESENDE, 2007).

Muitos autores consideram que a avaliação de genótipos, visando a identificação e recomendação de materiais genéticos superiores, para as características de interesse em diferentes ambientes é uma das etapas mais importantes de um programa de melhoramento florestal (CRUZ e CARNEIRO 2003;

SILVA e DUARTE, 2006; RESENDE, 2007). Por conseqüência, essa também será uma das etapas mais importantes para o sucesso de um programa de silvicultura clonal em escala comercial, com o plantio de clones em diferentes ambientes produtivos (SANTOS *et al.*, 2012).

O estado do Rio Grande do Sul, apresenta diferenças edafoclimáticas importantes, principalmente no que tange aos tipos de solo, onde as diferenças marcantes são a presença de solos encharcados, que favorecem a anoxia do sistema radicular (COSTA *et al.*, 2009) e a presença de geadas em algumas regiões do estado (TOSI e VÉLEZ-RODRIGUES, 1983). Em determinados anos, algumas regiões também podem sofrer com o déficit hídrico, entre os meses de dezembro e fevereiro.

Assim, programas de melhoramento florestal e silvicultura clonal para o estado do Rio Grande do Sul, devem considerar como um dos principais fatores a serem considerados para o seu sucesso, o bom entendimento da produtividade, adaptação e estabilidade dos materiais genéticos nas diferentes condições edafoclimáticas do estado.

O termo adaptabilidade pode ser entendido como a capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das variações ambientais (CRUZ *et al.*, 2004).

A seleção simultânea por produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, pode ser realizada pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG) preditos. Esse método permite selecionar simultaneamente pelos três atributos mencionados e apresenta as seguintes vantagens: (a) considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; (b) permite lidar com desbalanceamento; (c) permite lidar com delineamentos não ortogonais; (d) permite lidar com heterogeneidade de variâncias; (e) permite considerar erros correlacionados dentro de locais; (f) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; (g) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; (h) permite considerar a estabilidade e adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie; (i) não depende da estimação de outros parâmetros tais quais coeficientes de regressão; (j) gera resultados na própria grandeza, ou escala do caráter avaliado; (l) permite computar o ganho genético com

a seleção pelos três atributos simultaneamente (RESENDE, 2004; RESENDE, 2007).

Recentemente, esse método tem sido usado com muito sucesso na análise de produtividade, estabilidade e adaptabilidade em diferentes culturas, tais como: cana de açúcar (BASTOS, *et al.*, 2007), feijão (CARBONELL, *et al.*, 2007), arroz (BORGES, *et al.*, 2009), seringueira (VERARDI, *et al.*, 2009), caju (MAIA, *et al.*, 2009), erva-mate (STURION e RESENDE, 2005); pinus (MARTINEZ, 2010) e também em progênies de *Eucalyptus* (SILVA, 2008). Porém, são raros na literatura trabalhos que usam o método MHPRVG, para a análise da interação genótipos x ambientes em clones de *Eucalyptus*.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a presença de interação genótipos x ambientes e selecionar clones para diferentes ambientes edafoclimáticas do estado do Rio Grande do Sul, baseado na análise da produtividade, estabilidade e adaptabilidade, além de alta densidade básica da madeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDO E MATERIAIS GENÉTICOS UTILIZADOS:

Os ensaios foram conduzidos nas áreas da empresa CMPC Celulose Riograndense, nos municípios de Minas do Leão (horto florestal Cambará), Encruzilhada do Sul (horto florestal Capivara), Dom Feliciano (horto florestal Fortaleza) e Vila Nova do Sul (horto florestal São João), todos localizados no estado do Rio Grande do Sul. Os dados edafoclimáticos de cada local, podem ser observados na Tabela 1.

Os experimentos foram plantados no espaçamento de 3,5 x 2,6 metros e conduzidos conforme os procedimentos operacionais da empresa.

Na Figura 1, observa-se também a localização geográfica desses ambientes no mapa geral do estado.

Na Tabela 2, está a descrição dos diferentes materiais genéticos utilizados nesse trabalho, decompostos dentro de suas respectivas espécies e híbridos.

TABELA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE QUATRO AMBIENTES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.

	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
Coordenadas Geográficas	Latitude: 30°11'09" S; Longitude 52°00'10" W;	Latitude: 30°27'19" S; Longitude: 52°39' 53" W;	Latitude: 30°29'45" S; Longitude: 52°19'35" W;	Latitude: 30°14'46" S; Longitude: 53°49'7" W;
Altitude (metros)	141	250	378	301
Município	Minas do Leão	Encruzilhada do Sul	Dom Feliciano	Vila Nova do Sul
Ocupação anterior	Plantio de Eucalyptus (Área de reforma)	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Tipo de Solo	Argissolo Vermelho distrófico nitossólico - textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico abrupto - textura arenosa/argilosa	Argissolo Vermelho Amarelo distrófico típico - textura média/argilosa	Argissolo Vermelho distrófico típico - textura média/argilosa
Fertilidade	média a alta	média a alta	média a alta	média a baixa
Profundidade do solo	profundo	médio	raso	profundo
Relevo	plano suave ondulado	ondulado	ondulado	plano suave ondulado
Mudança textural (perfil do solo)	leve	moderada	forte	leve
Temperatura média (°C)	17,5 °C	17,0 °C	16,0 °C	16,8 °C
Temperatura mínima absoluta (°C)	- 0,9 °C	- 0,6 °C	- 1,7 °C	0,0 °C
Temperatura máxima absoluta (°C)	32,3°C	33,3°C	30,7°C	34,7°C
Risco de ocorrência de geadas	baixo	médio	alto	médio
Umidade relativa (%)	77,6	74,8	80,6	75,6
Pluviosidade (mm)	1.422	1.368	1.564	1.133
Velocidade do vento (metros/segundo)	5,5	5,4	4,9	6,2

FONTE: o autor (2012)

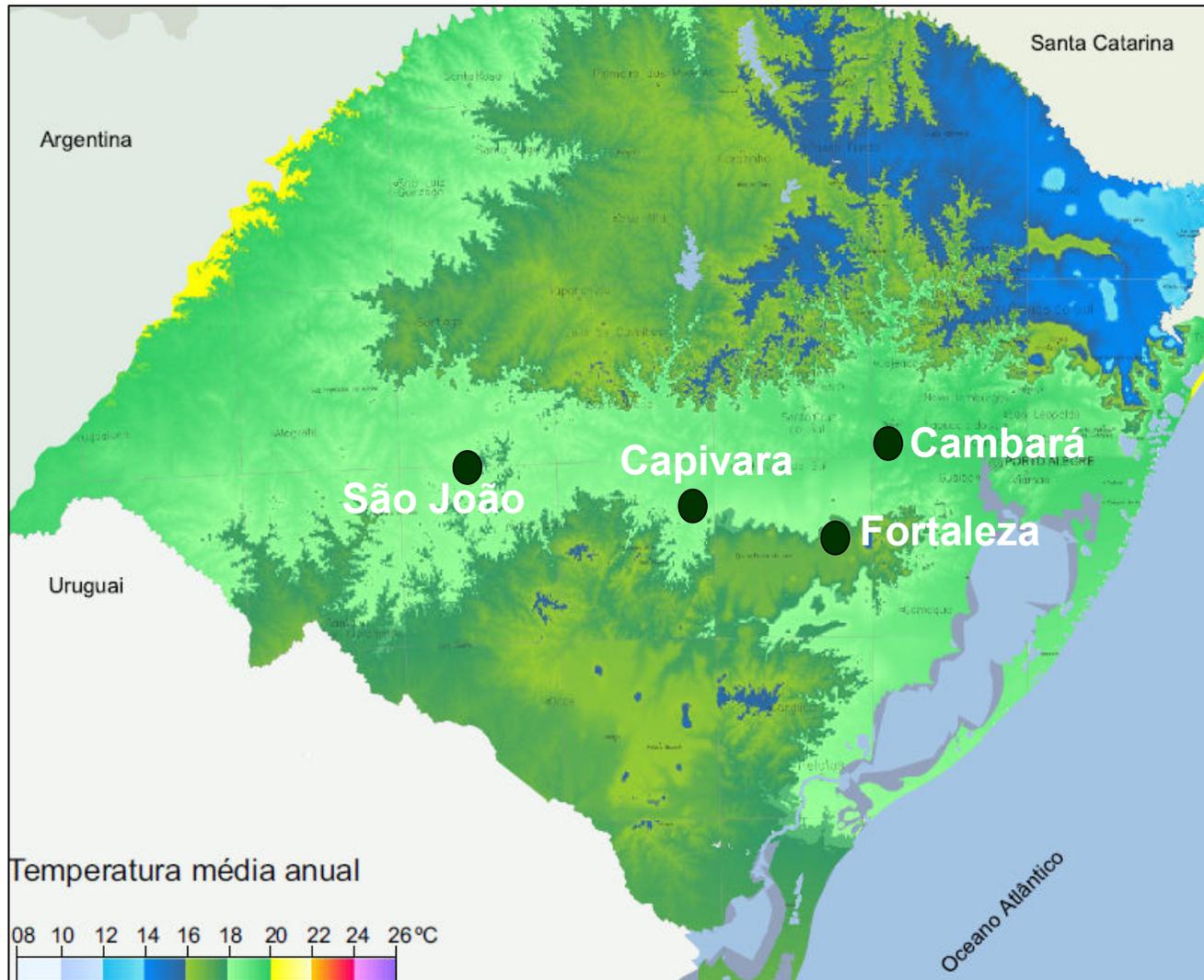


FIGURA 1 - MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS QUATRO AMBIENTES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.

FONTE: o autor (2012)

TABELA 2 - NÚMERO TOTAL E PORCENTAGEM DE CLONES DE DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *EUCALYPTUS*, UTILIZADOS EM QUATRO AMBIENTES PARA EXPERIMENTAÇÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

NÚMERO	ESPÉCIE/HÍBRIDO	NÚMERO DE CLONES	% DE CLONES POR ESPÉCIE E HÍBRIDO	SEÇÃO*
1	<i>E. grandis</i>	317	36,7%	Transversaria
2	<i>E. urophylla</i>	125	14,5%	Transversaria x Transversaria
3	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	119	13,8%	Transversaria x Transversaria
4	<i>E. saligna</i>	48	5,6%	Transversaria
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i> - (<i>E. robusta</i> x <i>E. tereticornis</i>)	38	4,4%	Transversaria x (Annulares x Exsertaria)
6	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	33	3,8%	Transversaria x Transversaria
7	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	31	3,6%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
8	<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	24	2,8%	Transversaria x Maidenaria
9	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	21	2,4%	Transversaria x Transversaria
10	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	19	2,2%	Transversaria x Transversaria
11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus</i>	14	1,6%	Transversaria x Maidenaria
12	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. globulus</i>	13	1,5%	(Transversaria x Transversaria) x Maidenaria
13	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	7	0,8%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
14	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	6	0,7%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
15	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	6	0,7%	Transversaria x Transversaria
16	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	6	0,7%	Transversaria x (Exsertaria x Transversaria)
17	<i>E. grandis</i> x <i>E. maidenii</i>	4	0,5%	Transversaria x Maidenaria
18	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	4	0,5%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
19	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus</i>)	3	0,3%	(Transversaria x Transversaria) x (Transversaria x Maidenaria)
20	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. robusta</i>	3	0,3%	(Transversaria x Transversaria) x Annulares
21	<i>E. grandis</i> x <i>E. dunnii</i>	3	0,3%	Transversaria x Maidenaria
22	<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>	3	0,3%	Transversaria x Maidenaria
23	<i>E. pellita</i>	3	0,3%	Transversaria
24	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	1	0,1%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
25	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. urophylla</i>	1	0,1%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
26	<i>E. globulus</i> x <i>E. grandis</i>	1	0,1%	Maidenaria x Transversaria
27	<i>E. globulus</i> x <i>E. tereticornis</i>	1	0,1%	Maidenaria x Exsertaria
28	<i>E. grandis</i> x (<i>E. dunnii</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Maidenaria x Transversaria)
29	<i>E. grandis</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
30	<i>E. maidenii</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1	0,1%	Maidenaria x (Transversaria x Transversaria)
31	<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
32	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Transversaria x Maidenaria)
33	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. tereticornis</i> x <i>E. saligna</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Exsertaria x Transversaria)
34	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,1%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
35	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	1	0,1%	Transversaria x Transversaria
36	<i>E. urophylla</i> x <i>tereticornis</i>	1	0,1%	Transversaria x Exsertaria
37	<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	1	0,1%	Transversaria x Maidenaria
	Total	864	100,0%	

* De acordo com classificação de Brooker e Kleinig (2006)

FONTE: o autor (2012)

2.2 TOMADA DE DADOS

Aos três anos de idade, foram mensurados o diâmetro a altura do peito (*dap*) altura total das árvores dos experimentos e também foi utilizada a medição indireta da densidade básica, através da utilização do Pilodyn.

O *dap* foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a altura foi obtida com o uso do relascópio.

Para o cálculo do volume sem casca foi utilizado o modelo de Leite *et al.*, (1995), conforme apresentado abaixo:

$$V = 0,000048 * dap^{1,720483} * altura^{1,180736} * e^{(-3,00555)*(tx/dap)} * \{1 - (d/dap)^{1+0,228531*d}\} + \epsilon$$

$$R^2 = 99,36$$

onde: *dap*: diâmetro a 1,3 metros de altura; altura: altura total; tx = 0, para volume com casca e 1 para volume sem casca; d: diâmetro comercial superior; ϵ = erro experimental.

O método do Pilodyn consistiu na penetração de uma agulha de aço com 2,5 mm de diâmetro na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 joules (GREAVES, *et al.*, 1996). Para tal, foi necessário descascar previamente uma secção retangular do tronco de aproximadamente 3 cm de comprimento, por 2 cm de largura na altura de 1,3 metros do solo (*dap*), de forma que a agulha de aço penetra-se apenas no lenho da árvore. Depois de encostado o aparelho ao tronco, disparou-se o gatilho e mediu-se a penetração da agulha no lenho da árvore em milímetros, através de um visor numérico presente no aparelho.

O Pilodyn foi utilizado duas vezes, nas faces norte e sul da árvore, a fim de reduzir possíveis problemas com variações da anatomia das plantas, tais como nós internos, bolsas de resina, entre outros. Caso o resultado de algum dos dois acionamentos fossem diferentes, era realizada um terceiro acionamento e descartava-se o número discrepante.

Para efeito das análises, o número considerado foi a média dos dois acionamentos realizados.

2.3 ÍNDICE DE IMApeso

Foi desenvolvido um índice de matéria seca (IMApeso), com o objetivo de criar um ordenamento que unisse a produtividade no campo (volume em m³/ha.ano), com a densidade da madeira (medida indiretamente pela profundidade de penetração da agulha do Pilodyn). Dessa forma o índice foi criado, unindo os dois caracteres e seus respectivos desvios padrões, conforme fórmula de determinação:

$$IMA_{\text{peso}} = \left(\frac{VOL_{sc}}{S_{VOL_{sc}}} \right) \times \left(\frac{S_{X_i}}{X_i} \right)$$

IMA_{peso} = Incremento médio anual em peso de madeira;

VOL_{sc} = Volume sem casca;

S_{VOL_{sc}} = Desvio padrão da variável volume sem casca;

S_{X_i} = Desvio padrão da variável profundidade de penetração da agulha do Pilodyn;

X_i = Profundidade de penetração da agulha do Pilodyn na madeira, à 1,3 metros de altura (*dap*).

Dessa maneira, pesos econômicos relativos iguais foram atribuídos aos dois caracteres (volume e profundidade de penetração da agulha do Pilodyn).

2.4 SOBREVIVÊNCIA

A sobrevivência foi avaliada, mediante a contagem do número de árvores vivas por clone no experimento, no momento das medições de *dap* e *Ht* (3 anos de idade).

2.5 DELINEAMENTOS ESTATÍSTICOS E ANÁLISE DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

No ano de 2007, foi implantada uma rede de testes clonais com 864 clones de *Eucalyptus* (TABELA 3), em quatro ambientes do estado do Rio Grande do Sul.

Como testemunha comparativa, foi utilizado o principal clone comercial utilizado pela empresa (clone 32864).

Em cada ambiente foi estabelecido um experimento no delineamento de blocos ao acaso, com parcela de árvore única, com 30 repetições.

TABELA 3 - NÚMERO TOTAL DE CLONES POR AMBIENTE, CLONES COMUNS NOS AMBIENTES DOIS A DOIS E CLONES COMUNS EM TODOS OS AMBIENTES, UTILIZADOS PARA A ANÁLISE CONJUNTA DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES.

LOCAIS	NÚMERO DE CLONES	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
CAMBARÁ	595	-	269	371	290
CAPIVARA	525		-	266	370
FORTALEZA	565			-	293
SÃO JOÃO	582				-
Total geral (clones diferentes)					864
Clones comuns nos quatro ambientes					146

FONTE: o autor (2012)

O modelo estatístico para análise dessa rede experimental em vários ambientes, considerando a tomada de uma observação por parcela, é dado por:

$$y = Xb + Zg + Wge + e, \text{ em que:}$$

y, b, g, ge, e = vetores de dados, de efeitos fixos (médias de blocos através dos locais), de efeitos genotípicos (aleatório), de efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatório) e de erros aleatórios, respectivamente.

X, Z e W = matrizes de incidência para b, g e ge, respectivamente.

Distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ ge \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad Var \begin{bmatrix} g \\ ge \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_{ge}^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{g} \\ \hat{ge} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{1 - h_g^2 - c_{ge}^2}{h_g^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{ge}^2} = \frac{1 - h_g^2 - c_{ge}^2}{c_{ge}^2}.$$

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2} = \text{herdabilidade individual no sentido amplo de parcelas}$$

individuais no bloco;

$$c_{ge}^2 = \frac{\sigma_{ge}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2} : \text{coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos}$$

x ambientes;

$$\sigma_g^2 = \text{variância genotípica;}$$

$$\sigma_{ge}^2 = \text{variância da interação genótipos x ambientes;}$$

$$\sigma_e^2 = \text{variância residual entre parcelas;}$$

$$r_{gloc} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c_{ge}^2} : \text{correlação genotípica dos materiais genéticos através dos}$$

ambientes.

Estimadores de componentes de variância por REML via algoritmo EM:

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{b}' X'y - \hat{g}' Z'y - \hat{ge}' W'y] / [N - r(x)]$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = [\hat{g}' \hat{g} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{22}] / q$$

$$\hat{\sigma}_{ge}^2 = [g\hat{e}' g\hat{e} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{33}] / s \text{ em que:}$$

C^{22} e C^{33} advém de :

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & C^{13} \\ C^{21} & C^{22} & C^{23} \\ C^{31} & C^{32} & C^{33} \end{bmatrix}$$

C = matriz dos coeficientes das equações de modelo misto;

tr = operador traço matricial;

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

N, q, s = número total de dados, número de clones e número de combinações genótipos x ambientes, respectivamente.

Nesse modelo, os valores genotípicos preditos livres da interação, considerando todos os locais são dados por $u + g$, em que u é a média de todos os locais. Para cada local j , os valores genotípicos são preditos por $u_j + g + ge$, em que u_j é a média do local j .

A seleção conjunta por produtividade, estabilidade e adaptabilidade dos materiais genéticos foi baseada na estatística denominada média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) preditos, conforme descrito por Resende (2004). Todas as análises foram realizadas por meio do software Selegen-Reml/Blup.

Com os valores genéticos preditos, foram obtidas as correlações por ambiente, conjunto entre os ambientes e ainda a correlação entre os locais tomados dois a dois.

Para a análise conjunta entre os ambientes, foram utilizados apenas os 146 clones que eram comuns a todos os ambientes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISES GENÉTICAS E ESTATÍSTICAS

De acordo com a Tabela 4, para todas as características avaliadas, as acurácias seletivas encontradas (0,75 a 0,98) foram sempre altas ou muito altas, conforme classificação de Resende e Duarte (2007), demonstrando boa qualidade experimental e segurança na seleção realizada nesses experimentos, para os caracteres avaliados.

TABELA 4 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS (REML INDIVIDUAL), PARA OS CARACTERES DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO (*dap*), ALTURA TOTAL, VOLUME ($m^3/ha.ano$), PILODYN (MM), IMApeso E SOBREVIVÊNCIA (%) PARA CLONES DE *EUCALYPTUS*, AVALIADOS NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.

	DAP (cm)	ALTURA (metros)	VOLUME ($m^3/ha.ano$)	PROFUNDIDADE (mm)	IMApeso - Vol*(1/profundidade) -	SOBREVIVÊNCIA (%)
h^2_g	0,176±0,005	0,070±0,003	0,147±0,004	0,485±0,008	0,148±0,004	0,024±0,002
h^2_{mc}	0,441	0,222	0,387	0,784	0,391	0,089
C^2_{int}	0,134	0,104	0,145	0,038	0,129	0,037
Acgen	0,891	0,805	0,860	0,982	0,839	0,755
H^2_{mg}	0,794	0,648	0,740	0,964	0,704	0,570
r_{gloc}	0,567	0,401	0,503	0,926	0,533	0,391
Média geral	13,266	14,726	32,845	18,349	1,790	84,747
CVgi (%)	8,167	5,094	17,891	11,795	19,218	6,418
CVe (%)	15,710	16,501	37,805	8,823	40,129	39,268

FONTE: o autor (2012)

h^2_g : Coeficientes de herdabilidade individual no sentido amplo, livre da interação;

h^2_{mc} : herdabilidade da média de clone;

C^2_{int} : Coeficiente de determinação da interação genótipos x ambientes;

Acgen: Acurácia genética na seleção de clones;

h^2_{mg} : herdabilidade ajustada da média de genótipos, assumindo sobrevivência completa;

r_{gloc} : Correlação genotípica entre os ambientes;

Média geral: Média geral dos caracteres entre os diferentes ambientes;

CVgi (%): Coeficiente de variação genotípica;

CVe (%): Coeficiente de variação experimental.

Essa segurança experimental encontrada é relevante, devido ao desafio experimental e logístico da instalação de testes clonais com grande número de

clones, em 04 diferentes ambientes. Esses resultados, demonstram o sucesso do delineamento experimental e do número de repetições utilizados nesse trabalho.

Verifica-se ainda, a presença de variabilidade genética significativa, entre os clones avaliados, conforme demonstrado pelas estimativas de herdabilidade e seus desvios padrões (TABELA 4). Isso permite inferir que há boa chance de sucesso na seleção para esses caracteres (MAIA et al., 2009) e deverá ser possível a obtenção de ganhos genéticos significativos.

O coeficiente de variação genotípica dos caracteres observados nesse estudo (CV_{gi}), variou de 5,0% para a característica *Ht*, a 19,2% para a característica IMApeso. A presença de considerável variabilidade genética, como a encontrada nesse estudo, indica a possibilidade de se praticar efetiva seleção entre os clones (RESENDE, 2007).

No geral, a correlação genotípica entre os ambientes (r_{gloc}), foi de baixa a moderada para quase todos os caracteres avaliados (RESENDE e DUARTE, 2007), variando de 0,391 a 0,567. Segundo Vencovsky e BARRIGA (1992), baixos valores de correlação entre os ambientes, indicam a presença de interação genótipos x ambientes do tipo complexa, indicando a necessidade da seleção de clones específicos para os diferentes ambientes, visando a maximização dos ganhos genéticos esperados. Além disso, por esses resultados, justifica-se considerar na seleção desses clones, suas adaptabilidades e estabilidades (RESENDE, 2007).

De acordo com Cruz e Regazzi (1994) e Lynch e Walsh (1998) a existência da interação está associada a dois fatores: o primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado complexo, indica a inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental. Ou seja, haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tornando mais difícil atingir os objetivos de seleção (RESENDE, 2007).

A quantificação desses fatores que compõem a interação, é importante porque informa aos melhoristas sobre o grau de dificuldade no momento da seleção ou recomendação de cultivares. Quando há predomínio da parte simples, o trabalho de seleção é facilitado, pois a classificação genotípica, nos diferentes ambientes não se altera. Por outro lado, quando predomina a parte complexa (caso desse trabalho), a tomada de decisão é mais difícil, uma vez que nesse caso existem genótipos que são bem adaptados a ambientes específicos (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

A densidade básica da madeira, medida indiretamente com o uso do Pilodyn, foi o único caráter avaliado que não apresentou interação do tipo complexa, apresentando correlação alta (RESENDE e DUARTE, 2007) entre os ambientes (0,926). Indicando que para esse caráter, não existe interação genótipos x ambientes do tipo complexa. Essa informação é importante, pois demonstra que o caráter densidade básica da madeira, tende a ser mais estável entre os ambientes. Dessa maneira, as análises de estabilidade e adaptabilidade entre os ambientes, podem focar-se nos demais caracteres avaliados, onde a correlação genética entre os ambientes é baixa (RESENDE, 2007).

Na Tabela 5, pode-se observar os resultados dos parâmetros genéticos para cada ambiente, para o caráter produtividade em volume ($m^3/ha.ano$). Para a análise dos parâmetros em cada local em separado, serão discutidos os dados referentes apenas a variável volume, uma vez que, essa tende a ser a característica mais representativa em um processo inicial de seleção de clones (SANTOS *et al.*, 2006; BELTRAME *et al.*, 2012). Além disso, os demais caracteres apresentaram comportamento similar ao caráter volume, na análise entre os ambientes.

TABELA 5 - ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENOTÍPICOS PARA OS QUATRO AMBIENTES ESTUDADOS E PARA A ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES PARA O CARÁTER VOLUME ($m^3/ha.ano$).

	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO	CONJUNTO (QUATRO LOCAIS)
h^2_g	0,249±0,011	0,386±0,014	0,268±0,011	0,265±0,012	0,147±0,004
h^2_{mc}	0,261	0,408	0,300	0,275	0,387
Acclon	0,946	0,974	0,958	0,949	0,860
r_{gloc}	-	-	-	-	0,503
Média geral	36,8	32,1	26,5	37,3	32,8
CVgi (%)	20,795	27,229	19,76	28,472	17,891
CVe (%)	34,962	32,781	30,160	46,196	37,805

FONTE: o autor (2012)

h^2_g : Coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo;
 h^2_{mc} : herdabilidade da média de clone;
 Ac_{clon} : Acurácia na seleção de clones;
 r_{gloc} : Correlação genotípica entre os locais;
Média geral: Média geral dos caracteres entre os diferentes ambientes;
CVgi (%): Coeficiente de variação genotípica;
CVe (%): Coeficiente de variação experimental;

As médias de produtividade em volume ($\text{m}^3/\text{ha.ano}$) de cada local estudado, aos 3 anos de idade, foram de 37,3; 36,8; 32,1; e 26,5 $\text{m}^3/\text{ha.ano}$, respectivamente para os locais São João, Cambará, Capivara e Fortaleza. A média geral dos quatro locais, foi de 32,8 $\text{m}^3/\text{ha.ano}$.

As produtividades nos locais São João e Cambará, podem ser consideradas similares e melhores em relação ao site Capivara. Por sua vez, o site Capivara foi superior ao site Fortaleza.

A melhor produtividade dos sites São João e Cambará, é explicada pela sua melhor qualidade de solo, principalmente no que tange a boa profundidade e mudança textural leve dos solos desses ambientes (TABELA 1). Segundo Costa *et al.*, (2009) no estado do Rio Grande do Sul, a produtividade florestal é fortemente afetada por algumas características dos solos, uma vez que solos rasos e com mudança textural de moderada a forte, favorecem o alagamento de algumas áreas e conseqüente anoxia do sistema radicular de *Eucalyptus*.

Outro fator que favorece a melhor produtividade desse ambientes, no que tange ao clima é o relevo dessas áreas (plano suave ondulado), que são menos propícios a formação de geadas, em contraste com o relevo ondulado que favorece a formação de geadas (STAHL *et al.*, 2012). Esse tipo de relevo é encontrado nos sites Capivara e Fortaleza.

Os coeficientes de variação experimental, variaram entre 30 e 46%, que podem ser considerados muito altos (CAGNELUTTI e STORCK, 2007). Porém, apesar disso, foram obtidas altas acurácias em todos os ambientes e na análise conjunta entre os locais (0,86 a 0,97). Provavelmente, isso ocorreu devido ao grande número de repetições (30) do delineamento experimental utilizado. Resende e Duarte (2007) relatam a possibilidade de obtenção de altas acurácias, mesmo com altos coeficientes de variação experimental, isso é possível devido ao aumento do número de repetições.

3.2 ANÁLISE DOS AMBIENTES DOIS A DOIS

Na Tabela 6, pode-se observar a correlação genética para o caráter produtividade em volume ($m^3/ha.ano$) quando os locais são avaliados dois a dois. Somente a correlação entre Cambará e Fortaleza (0,67), pode ser considerada alta (RESENDE e DUARTE, 2007). Para as demais combinações, a correlação foi baixa, indicando a importância da seleção de clones específicos para esses ambientes.

TABELA 6 - CORRELAÇÃO GENÉTICA ENTRE OS AMBIENTES AVALIADOS DOIS A DOIS, PARA A CARACTERÍSTICA PRODUTIVIDADE EM VOLUME ($m^3/ha.ano$).

	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
CAMBARÁ	-	0,47	0,67	0,55
CAPIVARA		-	0,35	0,49
FORTALEZA			-	0,48
SÃO JOÃO				-

FONTE: o autor (2012)

Pode-se afirmar que para Cambará e Fortaleza um mesmo grupo de clones, pode ser selecionado para plantio comercial nesse ambientes. Porém, para os sites Capivara e São João, os clones que irão proporcionar os melhores ganhos genéticos não serão os mesmos.

Com base nesses resultados pode-se afirmar, que o programa de melhoramento genético da empresa, visando a produção de indivíduos para instalação de testes clonais e posterior seleção para plantios comerciais, deverá levar em consideração esses três diferentes ambientes (Cambará-Fortaleza, São João, Capivara) e a resposta diferenciada do comportamento dos clones entre esses ambientes.

Além disso, segundo Kang *et al.* (2006) quando são encontradas baixas correlações genéticas entre os ambientes, é importante evoluir para análises de

adaptação e estabilidade, que proporcionam uma análise mais refinada do comportamento dos cultivares nos diferentes ambientes (RESENDE, 2007).

Em termos do melhoramento, dependendo do que se pretende obter, a ocorrência de baixa correlação genética entre os ambientes nem sempre é desejável, existindo algumas opções para atenuar os efeitos da interação, tais como: (i) identificar genótipos específicos para cada ambiente; (ii) promover subdivisões de uma área heterogênea em sub-regiões mais uniformes, de modo que os genótipos não interajam significativamente com os ambientes; e (iii) identificar genótipos com maior estabilidade fenotípica (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Os mesmos autores relatam que a opção (ii) geralmente é a opção mais utilizada para minimizar os efeitos da interação.

Essa informação vai ao encontro do relatado por Resende (2005), que recomenda que uma das principais alternativas para esse tipo de situação, é a estratificação dos locais de plantio, o que permite a definição de "zonas de melhoramento". Dentro dessas zonas a interação genótipos x ambientes será desprezível e, entre elas a interação não será problemática para o melhorista. Assim, cada zona de melhoramento demanda um programa de melhoramento específico e o número destas zonas, indicará o número mínimo de populações de melhoramento a serem empregadas pelo melhorista. Esse mesmo raciocínio pode ser utilizado para o número de "unidades de produção" onde é necessário o estabelecimento de testes clonais e seleção de clones específicos para plantios comerciais.

3.3 GANHOS GENÉTICOS

Na Tabela 7, pode-se observar o ordenamento dos 30 melhores clones para a seleção conjunta entre os quatro ambientes, para a característica produtividade em volume ($m^3/ha.ano$).

TABELA 7 - ORDENAMENTO DE CLONES POR SEUS VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE EM VOLUME (m³/ha.ano), NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.

ORDENAMENTO	GENÓTIPO	g	u+g	GANHO	NOVA MÉDIA	GANHO EM RELAÇÃO (MÉDIA GERAL)	GANHO EM RELAÇÃO (TESTEMUNHA)
1	39654	14,3	47,2	14,3	47,2	43,6%	14,67%
2	39569	14,3	47,1	14,3	47,1	43,5%	14,58%
3	39416	13,7	46,6	14,1	47,0	43,0%	14,13%
4	39659	13,5	46,4	14,0	46,8	42,5%	13,77%
5	39030	12,4	45,3	13,7	46,5	41,6%	13,05%
6	39045	12,4	45,2	13,4	46,3	40,9%	12,51%
7	39095	12,1	45,0	13,3	46,1	40,4%	12,06%
8	39438	12,0	44,8	13,1	46,0	39,9%	11,70%
9	39032	12,0	44,8	13,0	45,8	39,5%	11,34%
10	39606	11,7	44,5	12,9	45,7	39,1%	11,07%
11	38885	11,6	44,4	12,7	45,6	38,8%	10,80%
12	38903	11,5	44,3	12,6	45,5	38,5%	10,53%
13	39789	11,3	44,1	12,5	45,4	38,1%	10,26%
14	39320	11,0	43,8	12,4	45,3	37,8%	9,99%
15	39706	10,6	43,5	12,3	45,1	37,4%	9,72%
16	39425	10,6	43,4	12,2	45,0	37,1%	9,45%
17	39407	10,6	43,4	12,1	44,9	36,8%	9,18%
18	6808	10,2	43,1	12,0	44,8	36,5%	9,00%
19	39543	10,2	43,0	11,9	44,7	36,2%	8,73%
20	39510	9,9	42,7	11,8	44,6	35,9%	8,46%
21	39018	9,8	42,7	11,7	44,6	35,6%	8,28%
22	39427	9,6	42,5	11,6	44,4	35,3%	8,01%
23	39246	9,6	42,4	11,5	44,4	35,1%	7,83%
24	38935	9,4	42,2	11,4	44,3	34,7%	7,56%
25	39423	9,4	42,2	11,3	44,2	34,5%	7,38%
26	38904	9,2	42,1	11,3	44,1	34,3%	7,20%
27	39665	9,2	42,0	11,2	44,0	34,1%	7,02%
28	39410	9,1	42,0	11,1	44,0	33,8%	6,84%
29	6815	8,9	41,7	11,0	43,9	33,6%	6,66%
30	38973	8,8	41,6	11,0	43,8	33,4%	6,48%
.
94	32864 (testemunha)	5,9	38,8	8,3	41,1	25,3%	-
Média geral					32,8		

FONTE: o autor (2012)

O ganho genético em relação a média geral do experimento, utilizando-se por exemplo os 5 melhores clones do ordenamento, é da ordem de 43,0%, indicando boa possibilidade de ganho com a realização da seleção nessas condições.

Porém, quando comparado a testemunha do experimento (clone 32864), o ganho utilizando-se os mesmos cinco melhores clones diminui para 14,0%.

Indicando menor possibilidade de ganho genético em relação à testemunha, quando comparado ao ganho relativo à média geral de todos os clones dos experimentos.

Apesar da testemunha, representada pelo clone 32864 estar na 94^a posição no ordenamento para produtividade em volume ($m^3/ha.ano$), a sua diferença para os melhores clones dos experimentos não é grande. A comparação dos ganhos genotípicos preditos em relação à testemunha comercial plantada pela empresa é fundamental, uma vez que, o objetivo de um programa de melhoramento é sempre melhorar a média dos materiais genéticos (clones) plantados comercialmente na atualidade e não somente melhorar a média da população ao longo do tempo.

Isso indica que o principal clone atualmente utilizado pela empresa, apresenta bom desempenho na média dos ambientes, podendo ser considerado um clone plástico e razoavelmente adaptado às diferentes condições edafoclimáticas de plantio da empresa.

Com essa constatação, torna-se um desafio importante desenvolver materiais genéticos e critérios de seleção, que maximizem o ganho genético dos novos materiais desenvolvidos, sobre a média da testemunha comercial.

3.4 AGREGAÇÃO DE QUALIDADE DA MADEIRA

De acordo com a Tabela 8, pode-se observar que para o caráter produtividade em IMApeso, os resultados foram similares aos da produtividade em volume ($m^3/ha.ano$), onde os ganhos em relação à testemunha comercial foram expressivamente menores, quando comparados com os ganhos em relação à testemunha. Isso reforça ainda mais, a necessidade da utilização de métodos que possam aumentar o ganho dos novos materiais genéticos desenvolvido em relação à testemunha.

Na Tabela 9 observam-se os 30 melhores clones presentes no ordenamento de produtividade em volume ($m^3/ha.ano$) e produtividade em IMApeso. Pode-se observar que ocorre mudança de 37% nos clones presentes no ordenamento de IMApeso, em relação ao ordenamento de volume.

Isso demonstra a importância de se agregar a análise de caracteres que englobem a qualidade da madeira no processo seletivo, uma vez que para esse caso, de cada 10 clones selecionados para volume, 04 não seriam os melhores agregando-se o caráter densidade básica da madeira. A importância da agregação da qualidade da madeira na seleção de clones de *Eucalyptus* é ressaltada por vários autores (NUNES *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2006; ASSIS e MAFIA, 2007).

TABELA 8 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (IMApeso), NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES.

ORDENAMENTO	GENÓTIPO	g	u+g	GANHO	NOVA MÉDIA	GANHO EM RELAÇÃO (MÉDIA GERAL)	GANHO EM RELAÇÃO (TESTEMUNHA)
1	39659	1,084	2,867	1,084	2,867	60,2%	15,49%
2	39438	0,909	2,693	1,014	2,797	56,3%	12,68%
3	39095	0,874	2,658	0,979	2,762	54,3%	11,27%
4	39407	0,874	2,658	0,944	2,727	52,4%	9,86%
5	39410	0,839	2,623	0,909	2,693	50,4%	8,45%
6	39274	0,839	2,623	0,909	2,693	50,4%	8,45%
7	6808	0,804	2,623	0,909	2,693	50,4%	8,45%
8	39706	0,804	2,588	0,874	2,658	48,5%	7,04%
9	32949	0,804	2,588	0,874	2,658	48,5%	7,04%
10	39575	0,769	2,588	0,874	2,658	48,5%	7,04%
11	39510	0,769	2,553	0,839	2,658	48,5%	7,04%
12	39654	0,734	2,553	0,839	2,623	46,5%	5,63%
13	39569	0,734	2,518	0,839	2,623	46,5%	5,63%
14	39416	0,699	2,483	0,839	2,623	46,5%	5,63%
15	39596	0,699	2,483	0,804	2,623	46,5%	5,63%
16	6815	0,699	2,483	0,804	2,588	44,6%	4,23%
17	39445	0,699	2,483	0,804	2,588	44,6%	4,23%
18	39789	0,699	2,483	0,804	2,588	44,6%	4,23%
19	38903	0,664	2,483	0,804	2,588	44,6%	4,23%
20	39045	0,664	2,483	0,769	2,588	44,6%	4,23%
21	39427	0,664	2,448	0,769	2,553	42,6%	2,82%
22	38904	0,664	2,448	0,769	2,553	42,6%	2,82%
23	39606	0,629	2,448	0,769	2,553	42,6%	2,82%
24	39498	0,629	2,413	0,769	2,553	42,6%	2,82%
25	39461	0,629	2,413	0,769	2,553	42,6%	2,82%
26	39032	0,629	2,413	0,769	2,553	42,6%	2,82%
27	39912	0,594	2,413	0,734	2,553	42,6%	2,82%
28	39038	0,594	2,378	0,734	2,518	40,7%	1,41%
29	39366	0,594	2,378	0,734	2,518	40,7%	1,41%
30	39352	0,594	2,378	0,734	2,518	40,7%	1,41%
.
37	32864 (testemunha)	0,6	2,3	0,7	2,5	38,7%	-
Média geral					1,790		

FONTE: o autor (2012)

TABELA 9 - ORDENAMENTO DE COINCIDÊNCIA DE CLONES SELECIONADOS PELAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVIDADE VOLUME (m³/ha.ano) E PRODUTIVIDADE EM IMApeso.

NÚMERO	PRODUTIVIDADE (volume m ³ /ha.ano)	PRODUTIVIDADE (IMApeso)
1	6808	<u>6808</u>
2	6815	<u>6815</u>
3	38885	32949
4	38903	<u>38903</u>
5	38904	<u>38904</u>
6	38935	<u>39032</u>
7	38973	39038
8	39018	<u>39045</u>
9	39030	<u>39095</u>
10	39032	39274
11	39045	39352
12	39095	39366
13	39246	<u>39407</u>
14	39320	<u>39410</u>
15	39407	<u>39416</u>
16	39410	<u>39427</u>
17	39416	<u>39438</u>
18	39423	39445
19	39425	39461
20	39427	39498
21	39438	<u>39510</u>
22	39510	<u>39569</u>
23	39543	39575
24	39569	39596
25	39606	<u>39606</u>
26	39654	<u>39654</u>
27	39659	<u>39659</u>
28	39665	<u>39706</u>
29	39706	<u>39789</u>
30	39789	39912
Número de clones que não se repetem		11
Porcentagem		37%

Obs: Clones sublinhados, estão presentes nos dois ordenamentos.

FONTE: o autor (2012)

Dessa maneira, para esse estudo o ordenamento final de seleção de clones para recomendação de plantio comercial, deve sempre levar em consideração a característica IMAPeso, pois essa característica engloba alta produtividade volumétrica, aliado a alta densidade básica da madeira.

3.5 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

Na tabela 10, são apresentados os resultados sobre a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG) para a característica produtividade em volume ($m^3/ha.ano$).

Verifica-se por exemplo, que os cinco melhores clones com base nos critérios PRVG, MHVG e MHPRVG, não coincidem totalmente com os cinco melhores clones pelo ordenamento de valores genotípico preditos pela análise conjunta entre os ambientes (TABELA 7). A coincidência foi de 67%, dentre os cinco melhores clones e houve inversão de ordem dentre os coincidentes.

TABELA 10 - ESTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHPRVG) PREDITOS PELA ANÁLISE BLUP, PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (volume m³/ha.ano).

ORDENAMENTO	ESTABILIDADE		ADAPTABILIDADE			ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE		
	GENÓTIPO	MHVG	GENÓTIPO	PRVG	PRVG*MG	GENÓTIPO	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	6808	57,0	<u>39654</u>	1,633	53,6	<u>39654</u>	1,598	52,5
2	6815	54,2	<u>39416</u>	1,578	51,8	<u>39416</u>	1,578	51,8
3	<u>39654</u>	50,4	<u>39569</u>	1,575	51,7	6808	1,555	51,1
4	39420	50,2	6808	1,555	51,1	<u>39569</u>	1,550	50,9
5	<u>39030</u>	50,1	<u>39659</u>	1,535	50,4	<u>39659</u>	1,534	50,4
6	39407	50,1	39543	1,483	48,7	39543	1,483	48,7
7	39659	49,5	39912	1,483	48,7	39912	1,483	48,7
8	39416	48,9	6815	1,480	48,6	6815	1,480	48,6
9	39468	48,1	39606	1,474	48,4	38934	1,464	48,1
10	39425	47,5	39407	1,467	48,2	39407	1,459	47,9
11	39032	47,3	39030	1,466	48,2	39606	1,458	47,9
12	39569	47,3	39032	1,466	48,1	39032	1,454	47,8
13	39912	47,0	38934	1,464	48,1	39095	1,447	47,5
14	39565	46,7	39095	1,458	47,9	11511	1,447	47,5
15	39095	46,6	39045	1,457	47,9	39438	1,444	47,4
16	39396	46,6	38885	1,454	47,7	39030	1,439	47,3
17	39038	46,5	39510	1,449	47,6	39510	1,439	47,3
18	39438	46,2	39438	1,448	47,5	39045	1,435	47,1
19	38903	46,2	11511	1,447	47,5	38903	1,433	47,1
20	38885	46,0	39706	1,444	47,4	38885	1,429	46,9
21	38909	46,0	38903	1,437	47,2	38975	1,426	46,8
22	39045	45,9	38975	1,426	46,8	36190	1,414	46,5
23	39335	45,6	36190	1,414	46,5	39410	1,402	46,0
24	39543	45,4	39410	1,412	46,4	39789	1,391	45,7
25	39406	45,4	39789	1,411	46,4	38935	1,388	45,6
26	39001	45,3	39246	1,411	46,3	39425	1,372	45,1
27	32949	45,1	39320	1,406	46,2	39246	1,371	45,0
28	39706	45,1	39425	1,390	45,6	39706	1,366	44,9
29	39487	44,9	38935	1,390	45,6	39878	1,359	44,6
30	36190	44,8	39018	1,359	44,6	39420	1,357	44,6
.
.
-	32864	38,7	32864	1,22	40,0	32864	1,21	39,7
Média geral								32,8
Ganho genético em relação à média do experimento (05 melhores clones)								56%
Ganho genético em relação à média da testemunha (05 melhores clones)								29%

Obs: Clones sublinhados, são os cinco melhores do ordenamento de valores genotípicos preditos, na seleção conjunta entre os ambientes, presentes também no ordenamento da seleção para estabilidade e produtividade (10 em 15, 67%).

FONTE: o autor (2012)

Esse fato demonstra que a utilização desses novos atributos ou critérios de seleção, propiciam um refinamento na seleção (RESENDE, 2007). Os cinco melhores genótipos (39654, 39416, 6808, 39569 e 39659) pelo critério MHPRVG foram superiores em média 56% sobre a média geral dos 04 ambientes (32,8 m³/ha.ano). De acordo com Anputhas *et al.* (2011), a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade e estabilidade, é essencial para regiões com diferentes

ambientes produtivos, ou com estações climáticas marcantes. Essas duas condições são encontradas no estado Rio Grande do Sul.

Comparando-se os ganhos obtidos com a MHPRVG em relação à testemunha (clone 32864), à superioridade média desses cinco genótipos foi de 29%. Quando analisa-se esse ganho, com o ganho predito no ordenamento de valores genotípicos da análise conjunta entre os ambientes (TABELA 7) também em relação à testemunha, o mesmo foi de 14%.

Isso significa um ganho adicional de 15% em relação à testemunha, quando utiliza-se a seleção simultânea por adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG). Segundo Resende (2007), isso ocorre porque com a seleção simultânea nos novos materiais genéticos, capitaliza-se o ganho com a interação média entre os ambientes, o que não ocorre com o material genético usado como testemunha, pois eles estão com muitas repetições nos ensaios e sua herdabilidade média já tende a ser 1,0 em cada ensaio.

Conforme comentado anteriormente, o objetivo de um programa de desenvolvimento de clones para plantios comerciais, é sempre superar o clone plantado operacionalmente na atualidade (testemunha). Dessa maneira, pode-se considerar que para a situação estudada, a seleção considerando-se a adaptabilidade e estabilidade simultaneamente, proporcionou ganhos significativamente superiores (15%) e deve ser utilizada para a recomendação de novos clones dentro do programa de melhoramento genético da empresa.

Os valores apresentados para MHPRVG, foram computados já penalizando os genótipos pela instabilidade através dos locais e ao mesmo tempo capitalizando a capacidade de resposta (adaptabilidade) à melhoria do ambiente (RESENDE, 2007; MAIA, 2009).

Na Tabela 11, pode-se observar também, os resultados sobre a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para a característica produtividade (IMApeso).

Verifica-se que os cinco melhores clones, com base nos critérios PRVG, MHVG e MHPRVG não coincidem totalmente com o ordenamento de valores genotípicos preditos pela análise conjunta entre os ambientes (TABELA 8). A coincidência foi de 27%, dentre os cinco melhores clones e houve inversão de ordem dentre os coincidentes. Esse fato mostra que a utilização desses novos atributos ou critérios de seleção, propicia um refinamento na seleção, também para esse caráter.

Os cinco melhores genótipos pelo critério MHPRVG foram superiores em média 72% sobre a média geral dos 04 ambientes (1,79). O que resultou uma nova média de 3,08.

Comparando-se os ganhos obtidos com a MHPRVG em relação à testemunha (clone 32864), à superioridade média desses cinco genótipos foi de 26%. Quando analisa-se esse ganho, com o ganho predito no ordenamento de valores genéticos entre os ambientes (TABELA 7) também em relação à testemunha, o mesmo foi de 12%.

Isso significa ganho adicional de 14% em relação à testemunha, quando utiliza-se a seleção simultânea por adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos, em comparação com a testemunha comercial.

TABELA 11 - ESTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENOTÍPICOS (MHPRVG) PREDITOS PELA ANÁLISE BLUP, PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (IMApeso).

ORDENAMENTO	ESTABILIDADE		ADAPTABILIDADE		ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE			
	GENÓTIPO	MHVG	GENÓTIPO	PRVG	PRVG*MG	GENÓTIPO	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	6808	3,64	39912	1,75	3,13	39912	1,746	3,13
2	6815	3,39	<u>39659</u>	1,74	3,12	<u>39659</u>	1,740	3,11
3	39654	3,15	6808	1,73	3,10	6808	1,732	3,10
4	39420	3,11	36190	1,71	3,06	36190	1,710	3,06
5	39030	3,01	<u>39407</u>	1,69	3,02	<u>39407</u>	1,684	3,01
6	39407	2,90	39410	1,66	2,98	39410	1,649	2,95
7	39659	2,90	6815	1,62	2,90	6815	1,621	2,90
8	39416	2,87	39438	1,61	2,87	39438	1,598	2,86
9	39468	2,80	39654	1,60	2,87	39274	1,587	2,84
10	39425	2,80	39510	1,60	2,86	39654	1,586	2,84
11	39032	2,76	39095	1,59	2,85	39095	1,583	2,83
12	39569	2,76	39274	1,59	2,85	39510	1,581	2,83
13	39912	2,73	39706	1,58	2,83	39596	1,570	2,81
14	39565	2,73	39596	1,57	2,81	32949	1,537	2,75
15	39095	2,73	32949	1,55	2,77	39416	1,515	2,71
16	39396	2,73	39416	1,52	2,72	39706	1,509	2,70
17	39038	2,69	39569	1,52	2,72	39569	1,490	2,67
18	39438	2,66	39575	1,51	2,70	39575	1,488	2,66
19	38903	2,66	39606	1,48	2,64	39420	1,473	2,64
20	38885	2,66	38903	1,47	2,64	38903	1,463	2,62
21	38909	2,62	39420	1,47	2,64	39542	1,459	2,61
22	39045	2,62	39542	1,46	2,61	39606	1,457	2,61
23	39335	2,62	39445	1,45	2,59	38873	1,443	2,58
24	39543	2,59	39045	1,44	2,59	39045	1,431	2,56
25	39406	2,55	39789	1,44	2,59	39789	1,429	2,56
26	39001	2,55	38873	1,44	2,59	39445	1,429	2,56
27	32949	2,55	39032	1,43	2,57	39498	1,423	2,55
28	39706	2,55	39738	1,43	2,56	39461	1,419	2,54
29	39487	2,52	39461	1,43	2,56	39427	1,418	2,54
30	36190	2,52	39498	1,43	2,56	38934	1,418	2,54
.
.
-	32864	2,38	.	1,38	2,48	.	1,367	2,45
Média Geral (MG)								1,79
Ganho genético em relação à média do experimento (05 melhores clones)								72%
Ganho genético em relação à média da testemunha (05 melhores clones)								26%

Obs: Clones sublinhados, são os cinco melhores do ordenamento de valores genéticos preditos na seleção conjunta entre os ambientes, presentes também no ordenamento da seleção para estabilidade e produtividade (04 em 15, 26%).

FONTE: o autor (2012)

4 CONCLUSÕES

Para todos os caracteres avaliados, a acurácia seletiva é alta, indicando a confiabilidade das estimativas previstas nesse trabalho.

Existe interação genótipos x ambientes significativa, para os caracteres avaliados, exceto para a densidade básica da madeira, medida pelo Pilodyn. As produtividades em volume ($m^3/ha.ano$) são superiores nos sites São João e Cambará. Em seguida no ordenamento, está o site Capivara, que é superior ao site Fortaleza.

Quando os ambientes são avaliados dois a dois, somente existe alta correlação genética, entre os ambientes Cambará e Fortaleza. Para as demais combinações, a correlação genética é baixa.

É necessário selecionar clones específicos, para as combinações de ambientes com baixa correlação genética. Também, é importante que o programa de melhoramento genético considere essas informações.

Pode-se optar pela divisão das áreas da empresa em "unidades de produção" para recomendação de clones. Para esse estudo, seriam necessárias três unidades para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes (Cambará-Fortaleza, Capivara e São João);

Os ganhos genotípicos em produtividade tanto para volume, como para IMApeso são altos (43 e 55 %), em relação a média geral dos experimentos. Porém, quando se leva em consideração a testemunha (clone operacional atual), esses ganhos reduzem significativamente (14 e 12%).

Agregando-se a densidade básica da madeira (medida pelo Pilodyn) à produtividade (volume), através do caráter (IMApeso), o ordenamento dos principais clones tem uma mudança de 40%. Isso indica a importância de agregar-se a qualidade da madeira, no processo de seleção clonal e de predição de ganhos genéticos;

Incluindo-se a seleção por estabilidade, adaptabilidade e os dois atributos simultaneamente, ocorre mudança de clones e de posição no ordenamento de seleção e os ganhos preditos são aumentados;

Com a seleção simultânea por estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG), os ganhos aumentam, em comparação com a seleção pelos valores genotípicos

preditos na análise conjunta entre os ambientes. Principalmente, ocorre aumento de ganho em relação à testemunha comercial (15% para volume e 12% para IMApeso).

REFERÊNCIAS

ANPUTHAS et al. Stability and adaptability analysis of rice cultivars using environment-centered yield in two-way ANOVA model. **Communications in Biometry and Crop Science** Vol. 6, No. 2, 2011, pp. 80–86.

ASSIS, T.F., MAFIA, R.G. Hibridação e clonagem. In: Borém, A. (ed.) **Bioteecnologia Florestal**. Viçosa [s.n.]. 2007. p. 93-121.

BASTOS, I.T. et al. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 37(4): 195-203, dez. 2007.

BELTRAME et. al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.6, p. 791-796, jun. 2012.

BORGES, et al. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas gerais utilizando modelos mistos. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.27, n.3, p.478-490, 2009.

CARBONELL, et al. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no estado de São Paulo. Bragantia: **Revista de Ciências Agronômicas**. vol. 66, número 002. Instituto Agronômico de Campinas, Brasil. p. 193-201, 2007.

CAGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42,n.1, p.17-24, 2007.

COSTA, et al. Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul utilizando-se levantamento de solos. **Scientia Forestale**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 367-375, dez. 2009.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, vol 1, editora UFV, 2004, p. 171-201.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. ed. Viçosa : UFV, 1994. 390p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v.2.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 1-10, 1988.

GREAVES, B.L.; BORRALHO, N.M.G.; RAYMOND, C.A.; FARRINGTON, A. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*, **Canadian Journal of Forest Research** **26(9)**: p. 1643-1650. 1996.

LEITE, H.G. et al. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v.19. n.1. p. 75-79. 1995.

LYNCH, M.C.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 980p.

KANG, M.S., AGGARWAL, V.D., CHIRWA, R.M. Adaptability and stability of bean cultivars as determined via yield-stability statistic and GGE biplot analysis. **Journal of Crop Improvement** **15**, 97–120. 2006.

MAIA, et al. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

MARTINEZ, D. T. **Avaliação genética sob heterogeneidade de variância residual dentro de tratamentos**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. 64p. 2010.

NUNES, G.H.S.; RESENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Revista Cerne**, ano/vol. 8, número 001. Universidade Federal de Lavras. pp. 49-58. 2002.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. Novas abordagens estatísticas na análise de experimentos e campo. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 60 p. (**Embrapa Florestas Documentos 100**).

RESENDE, M.D.V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002. 975p.

RESENDE, M.D.V. Melhoramento de Essências Florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa, Editora UFV, 2005. 717-780.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 562p.

ROCHA, R.B. Avaliação do método centróide para estudo da adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, ano/vol. 15, número 003, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. pp. 255-266. 2005.

ROSADO, A.M. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.

SANTOS, G.A.; XAVIER, A.; LEITE, H.G. Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes. **Revista Árvore**, vol.30, n.5, pp. 737-747. 2006.

SANTOS, G.A, et al. Potencial da silvicultura clonal de *Eucalyptus benthamii* para o sul do Brasil. [Coordenado por] SILVA, L.D., HIGA, A. R., SANTOS, G.A., In: **Silvicultura e Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii***. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 77-103.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. 275p. 2010.

STAHL, J. Silvicultura de *Eucalyptus benthamii* na Klabin S.A. [Coordenado por] SILVA, L.D., HIGA, A. R., SANTOS, G.A., In: **Silvicultura e Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii***. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 105-121.

STURION, J.A., RESENDE, M.D.V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 37-51, 2005.

TOSI, J.A.; VÉLEZ-RODRIGUEZ, L.L. 1983. **Provisional ecological map of the republic of Brazil**. Institute of Tropical Forestry, San juán (Puerto Rico).

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VENDUSCROLO et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 123-130, jan. 2001.

VERARDI, et al. Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1277-1282, 2009.

CAPÍTULO 2: ADAPTABILIDADE DE DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *Eucalyptus* AO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente a produção híbridos interespecíficos de *Eucalyptus* seguida da clonagem dos melhores indivíduos das progênies geradas, são os grandes responsáveis pelo aumento significativo de produtividade e melhoria de qualidade da madeira, observados nos últimos anos nos plantios florestais do país. Segundo Assis e Mafía (2007) o binômio "hibridação e clonagem" tem colocado o Brasil em posição mundial de destaque na indústria florestal, principalmente no setor de celulose e papel e também deverá ser responsável pelos avanços que acontecerão ao longo dos próximos anos.

Esses mesmos autores ressaltam que a busca de complementaridade nas características tecnológicas da madeira, na tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como a manifestação de heterose, verificada em vários cruzamentos híbridos, constituem os principais caminhos para se produzir indivíduos superiores em crescimento, adaptação e qualidade da madeira.

Com a clonagem, é possível capturar os melhores indivíduos produzidos através da hibridação e multiplicá-los em grande escala para plantio comercial. A floresta comercial formada é uniforme, com homogeneidade de características tecnológicas (SANTOS *et al.*, 2006) e se bem selecionadas, podem também ser resistentes a pragas, doenças, ao déficit hídrico e geadas (SANTOS *et al.*, 2012).

O estado do Rio Grande do Sul é um dos locais no Brasil onde a hibridação mais se desenvolveu nos últimos anos, existindo relato da produção, plantios experimentais e comerciais de híbridos de *E. urophylla* x *E. globulus*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* x *E. viminalis*, *E. urophylla* x *E. dunnii*, *E. grandis* x *E. dunnii* e *E. grandis* x *E. pellita*, (ASSIS, 2000; ASSIS *et al.*, 2005; ASSIS e MAFIA, 2007).

Além disso, no Rio Grande do Sul, por suas diferentes características edafoclimáticas, que afetam a produtividade de *Eucalyptus* (COSTA *et al.*, 2009), a produção de híbridos e clones que possam se adaptar a essas diferentes condições,

pode ser fator fundamental para o sucesso da cadeia florestal instalada no estado, que usa a madeira a partir de florestas de *Eucalyptus* para os seus produtos finais.

Quando se tem informações prévias, que determinada região (como o estado Rio Grande do Sul), possui diferentes características de clima e solo, se supõe que essas diferenças, possam refletir sobre a produtividade e qualidade da madeira, das diferentes espécies e clones plantados na região.

Nesse sentido, recentemente novas abordagens tem sido desenvolvidas para mensurar o efeito de diferentes condições ambientais sobre o desenvolvimento, estabilidade e adaptação de materiais genéticos à regiões específicas. Nesse sentido, tem se destacado a metodologia da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG) preditos, conforme descrito por Resende (2004) e Resende (2007).

Com o uso desse método, vários relatos na literatura indicam que é possível mensurar a estabilidade e adaptação de diferentes espécies, a locais com características climáticas e ambientais diferentes (BASTOS, *et al.*, 2007; BORGES, *et al.*, 2009; VERARDI *et al.*, 2009; MAIA *et al.*, 2009; SILVA, 2008; ROSADO, *et al.*, 2012).

Dessa maneira, esse trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade de diferentes espécies e híbridos de *Eucalyptus* em quatro ambientes do Rio Grande do Sul, visando classificar os materiais genéticos mais promissores para a geração de clones superiores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS DE ESTUDO E MATERIAIS GENÉTICOS UTILIZADOS

Os ensaios foram conduzidos nas áreas da empresa CMPC Celulose Riograndense, nos municípios de Minas do Leão (horto florestal Cambará), Encruzilhada do Sul (horto florestal Capivara), Dom Feliciano (horto florestal Fortaleza) e Vila Nova do Sul (horto florestal São João), todos localizados no estado do Rio Grande do Sul. Os dados edafoclimáticos de cada local, podem ser observados na Tabela 1.

Os experimentos foram plantados no espaçamento de 3,5 x 2,6 metros e conduzidos conforme os procedimentos operacionais da empresa. Na Figura 1, observa-se também a localização geográfica desses ambientes no mapa geral do estado. Na Tabela 2, está a descrição dos diferentes materiais genéticos utilizados nesse trabalho, decompostos dentro de suas respectivas espécies e híbridos.

TABELA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE QUATRO AMBIENTES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.

	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
Coordenadas Geográficas	Latitude: 30°11'09" S; Longitude 52°00'10" W;	Latitude: 30°27'19" S; Longitude: 52°39' 53" W;	Latitude: 30°29'45" S; Longitude: 52°19'35" W;	Latitude: 30°14'46" S; Longitude: 53°49'7" W;
Altitude (metros)	141	250	378	301
Município	Minas do Leão	Encruzilhada do Sul	Dom Feliciano	Vila Nova do Sul
Ocupação anterior	Plantio de Eucalyptus (Área de reforma)	Pastagem	Pastagem	Pastagem
Tipo de Solo	Argissolo Vermelho distrófico nitossólico - textura argilosa	Argissolo Vermelho distrófico abrupto - textura arenosa/argilosa	Argissolo Vermelho Amarelo distrófico típico - textura média/argilosa	Argissolo Vermelho distrófico típico - textura média/argilosa
Fertilidade	média a alta	média a alta	média a alta	média a baixa
Profundidade do solo	profundo	médio	raso	profundo
Relevo	plano suave ondulado	ondulado	ondulado	plano suave ondulado
Mudança textural (perfil do solo)	leve	moderada	forte	leve
Temperatura média (°C)	17,5 °C	17,0 °C	16,0 °C	16,8 °C
Temperatura mínima absoluta (°C)	- 0,9 °C	- 0,6 °C	- 1,7 °C	0,0 °C
Temperatura máxima absoluta (°C)	32,3°C	33,3°C	30,7°C	34,7°C
Risco de ocorrência de geadas	baixo	médio	alto	médio
Umidade relativa (%)	77,6	74,8	80,6	75,6
Pluviosidade (mm)	1.422	1.368	1.564	1.133
Velocidade do vento (metros/segundo)	5,5	5,4	4,9	6,2

FONTE: o autor (2012)

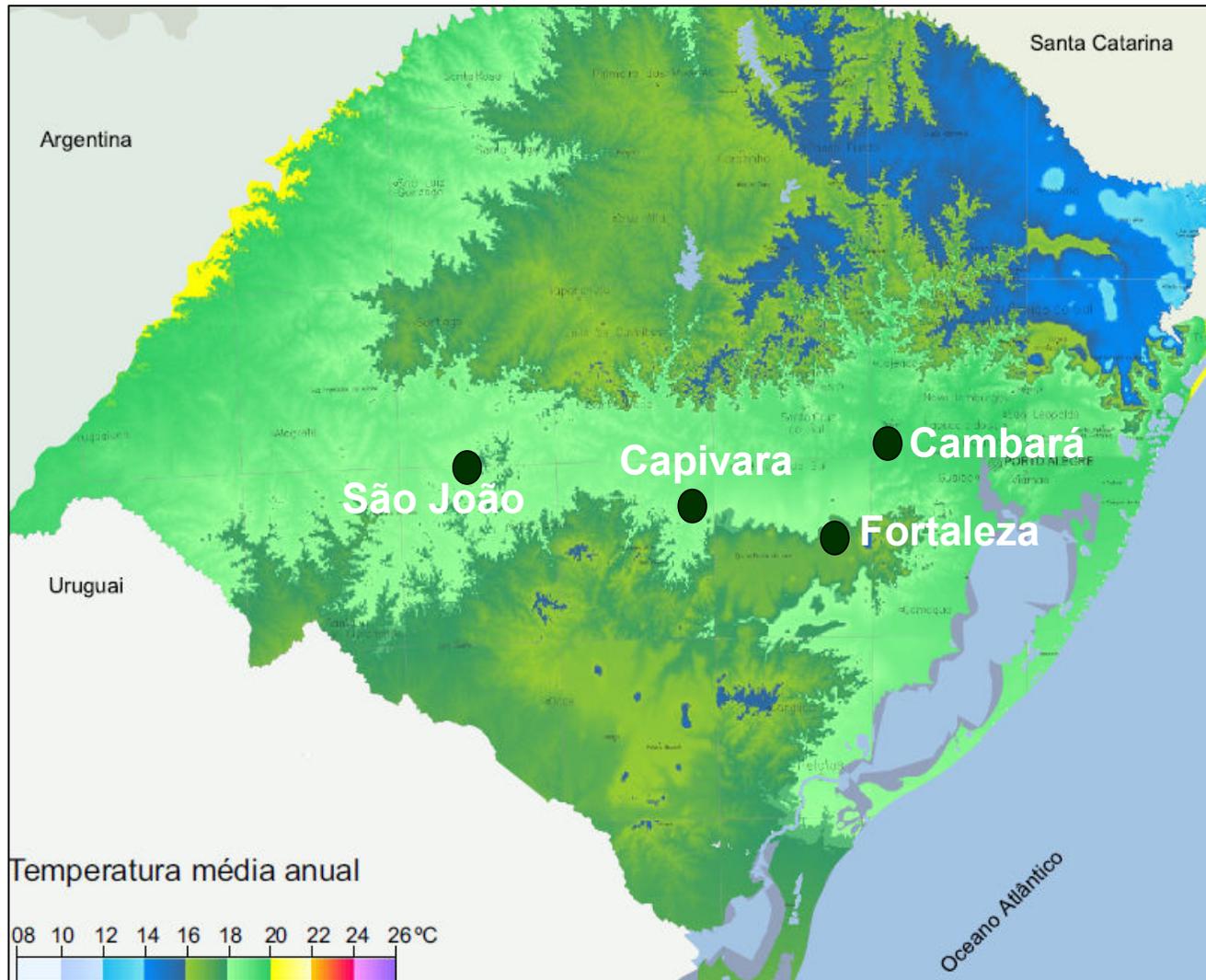


FIGURA 1 - MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, COM A LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS QUATRO AMBIENTES UTILIZADOS PARA EXPERIMENTAÇÃO.

FONTE: o autor (2012)

TABELA 2 - NÚMERO TOTAL E PORCENTAGEM DE CLONES DE DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS DE *EUCALYPTUS*, UTILIZADOS EM QUATRO AMBIENTES PARA EXPERIMENTAÇÃO.

NÚMERO	ESPÉCIE/HÍBRIDO	NÚMERO DE CLONES	% DE CLONES POR ESPÉCIE E HÍBRIDO	SEÇÃO*
1	<i>E. grandis</i>	31	21,2%	Transversaria
2	<i>E. urophylla</i>	18	12,3%	Transversaria x Transversaria
3	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	16	11,0%	Transversaria x Transversaria
4	<i>E. saligna</i>	14	9,6%	Transversaria
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i> - (<i>E. robusta</i> x <i>E. tereticornis</i>)	9	6,2%	Transversaria x (Annulares x Exsertaria)
6	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	5	3,4%	Transversaria x Transversaria
7	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	5	3,4%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
8	<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	5	3,4%	Transversaria x Maidenaria
9	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	3	2,1%	Transversaria x Transversaria
10	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	3	2,1%	Transversaria x Transversaria
11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus</i>	2	1,4%	Transversaria x Maidenaria
12	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. globulus</i>	2	1,4%	(Transversaria x Transversaria) x Maidenaria
13	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	2	1,4%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
14	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	2	1,4%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
15	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	2	1,4%	Transversaria x Transversaria
16	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	2	1,4%	Transversaria x (Exsertaria x Transversaria)
17	<i>E. grandis</i> x <i>E. maidenii</i>	2	1,4%	Transversaria x Maidenaria
18	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	2	1,4%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
19	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. globulus</i>)	2	1,4%	(Transversaria x Transversaria) x (Transversaria x Maidenaria)
20	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. robusta</i>	2	1,4%	(Transversaria x Transversaria) x Annulares
21	<i>E. grandis</i> x <i>E. dunnii</i>	2	1,4%	Transversaria x Maidenaria
22	<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>	2	1,4%	Transversaria x Maidenaria
23	<i>E. pellita</i>	2	1,4%	Transversaria
24	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	1	0,7%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
25	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. urophylla</i>	1	0,7%	(Transversaria x Transversaria) x Transversaria
26	<i>E. globulus</i> x <i>E. grandis</i>	1	0,7%	Maidenaria x Transversaria
27	<i>E. grandis</i> x (<i>E. dunnii</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Maidenaria x Transversaria)
28	<i>E. grandis</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
29	<i>E. maidenii</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1	0,7%	Maidenaria x (Transversaria x Transversaria)
30	<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
31	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. globulus</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Transversaria x Maidenaria)
32	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. tereticornis</i> x <i>E. saligna</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Exsertaria x Transversaria)
33	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	1	0,7%	Transversaria x (Transversaria x Transversaria)
34	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	1	0,7%	Transversaria x Transversaria
	Total	146	100,0%	

* De acordo com classificação de Brooker e Kleinig (2006)

FONTE: o autor (2012)

2.2 TOMADA DE DADOS

Aos três anos de idade, foram mensurados o diâmetro a altura do peito (*dap*) altura total das árvores dos experimentos e também foi utilizada a medição indireta da densidade básica, através da utilização do Pilodyn.

O *dap* foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a altura foi obtida com o uso do relascópio.

Para o cálculo do volume sem casca foi utilizado o modelo de Leite et al., (1995), conforme apresentado abaixo:

$$V = 0,000048 * dap^{1,720483} * altura^{1,180736} * e^{(-3,00555)*(tx/dap)} * \{1 - (d/dap)^{1+0,228531*d}\} + \epsilon$$

$$R^2 = 99,36$$

onde: *dap*: diâmetro a 1,3 metros de altura; altura: altura total; tx = 0, para volume com casca e 1 para volume sem casca; d: diâmetro comercial superior. ϵ = erro experimental.

O método do Pilodyn consistiu na penetração de uma agulha de aço com 2,5 mm de diâmetro na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 joules (GREAVES *et al.*, 1996). Para tal, foi necessário descascar previamente uma secção retangular do tronco de aproximadamente 3 cm de comprimento, por 2 cm de largura na altura de 1,3 metros do solo (*dap*), de forma que a agulha de aço penetra-se apenas no lenho da árvore. Depois de encostado o aparelho ao tronco, disparou-se o gatilho e mediu-se a penetração da agulha no lenho da árvore em milímetros, através de um visor numérico presente no aparelho.

O Pilodyn foi utilizado duas vezes, nas faces norte e sul da árvore, a fim de reduzir possíveis problemas com variações da anatomia das plantas, tais como nós internos, bolsas de resina, entre outros. Caso o resultado de algum dos dois acionamentos fossem diferentes, era realizada um terceiro acionamento e descartava-se o número discrepante.

Para efeito das análises, o número considerado foi a média dos dois acionamentos realizados.

2.3 ÍNDICE DE IMApeso

Foi desenvolvido um índice de matéria seca (IMApeso), com o objetivo de criar um ordenamento que unisse a produtividade no campo (volume em m³/ha.ano), com a densidade da madeira (medida indiretamente pela profundidade de penetração da agulha do Pilodyn). Dessa forma o índice foi criado, unindo os dois caracteres e seus respectivos desvios padrões, conforme a seguinte fórmula de determinação:

$$IMApeso = \left(\frac{Vol_{sc}}{S_{Vol_{sc}}} \right) \times \left(\frac{S_{X_i}}{X_i} \right)$$

IMApeso = Incremento médio anual em peso de madeira;

Vol_{sc} = Volume sem casca;

S_{Vol_{sc}} = Desvio padrão da variável volume sem casca;

S_{X_i} = Desvio padrão da variável profundidade de penetração da agulha do Pilodyn;

X_i = Profundidade de penetração da agulha do Pilodyn na madeira, à 1, 3 metros de altura (*dap*).

Dessa maneira, pesos econômicos relativos iguais foram atribuídos aos dois caracteres (volume e profundidade do Pilodyn).

2.4 SOBREVIVÊNCIA

A sobrevivência foi avaliada, mediante o número de árvores vivas por clone no experimento, no momento das medições de *dap* e *Ht* (03 anos de idade).

2.5 DELINEAMENTOS ESTATÍSTICOS E ANÁLISE DE ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

No ano de 2007, foi implantada uma rede de testes clonais com 34 espécies e híbridos de *Eucalyptus* (TABELA 2), em quatro ambientes do estado do Rio Grande

do Sul. Como testemunha comparativa, foi utilizado o *Eucalyptus saligna*, que é a principal espécie plantada pela empresa.

Os experimentos foram plantados no espaçamento de 3,5 x 2,5 metros e conduzidos conforme os procedimentos operacionais da empresa.

Em cada ambiente foi estabelecido um experimento no delineamento de blocos ao acaso, com parcela de árvore única, com 30 repetições.

O modelo estatístico para análise dessa rede experimental em vários ambientes, considerando a tomada de uma observação por parcela, é dado por:

$y = Xb + Zg + Wge + e$, em que:

y , b , g , ge , e = vetores de dados, de efeitos fixos (médias de blocos através dos locais), de efeitos genotípicos (aleatório), de efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatório) e de erros aleatórios, respectivamente.

X , Z e W = matrizes de incidência para b , g e ge , respectivamente.

Distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ ge \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xb \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad Var \begin{bmatrix} g \\ ge \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_{ge}^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{g} \\ \hat{ge} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{1 - h_g^2 - c_{ge}^2}{h_g^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{ge}^2} = \frac{1 - h_g^2 - c_{ge}^2}{c_{ge}^2}.$$

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2} = \text{herdabilidade individual no sentido amplo de parcelas}$$

individuais no bloco;

$c_{ge}^2 = \frac{\sigma_{ge}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2}$: coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos

x ambientes;

σ_g^2 = variância genotípica;

σ_{ge}^2 = variância da interação genótipos x ambientes;

σ_e^2 = variância residual entre parcelas;

$r_{gloc} = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c_{ge}^2}$: correlação genotípica dos materiais genéticos através dos

ambientes.

Estimadores de componentes de variância por REML via algoritmo EM:

$$\hat{\sigma}_e^2 = [y'y - \hat{b}' X'y - \hat{g}' Z'y - \hat{g}\hat{e}' W'y] / [N - r(x)]$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = [\hat{g}'\hat{g} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{22}] / q$$

$$\hat{\sigma}_{ge}^2 = [\hat{g}\hat{e}'\hat{g}\hat{e} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{33}] / s \text{ em que:}$$

C^{22} e C^{33} advém de :

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & C^{13} \\ C^{21} & C^{22} & C^{23} \\ C^{31} & C^{32} & C^{33} \end{bmatrix}$$

C = matriz dos coeficientes das equações de modelo misto;

tr = operador traço matricial;

r(x) = posto da matriz X;

N,q,s = número total de dados, número de clones e número de combinações genótipos x ambientes, respectivamente.

Nesse modelo, os valores genotípicos preditos livres da interação, considerando todos os locais são dados por $u + g$, em que u é a média de todos os

locais. Para cada local j , os valores genotípicos são preditos por $u_j + g + ge$, em que u_j é a média do local j .

A seleção conjunta por produtividade, estabilidade e adaptabilidade dos materiais genéticos foi baseada na estatística denominada média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) preditos, conforme descrito por Resende (2004). Todas as análises foram realizadas por meio do software Selegen-Reml/Blup.

Com os valores genéticos estimados, foram obtidas as correlações por ambiente, conjunto entre os ambientes e ainda a correlação entre os locais tomados dois a dois.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DESEMPENHO DAS ESPÉCIES E HÍBRIDOS NOS DIFERENTES AMBIENTES, PARA O CARÁTER VOLUME ($m^3/ha.ano$)

Na Tabela 3, observa-se o ordenamento de valores genotípicos na análise individual para os quatro ambientes. Existe variação no ordenamento entre os melhores clones e por conseqüência, também entre as melhores espécies dentro dos diferentes ambientes.

Do total de 34 espécies e híbridos avaliados, 15 deles (44%) fizeram-se presentes entre os 30 melhores clones, nos 04 ambientes avaliados. Dessa maneira pode-se afirmar que de cada dez espécies e híbridos testados, seis não apresentaram boa adaptação aos ambientes avaliados.

A alta porcentagem de materiais que não estão bem adaptados, pode estar associada à falta de heterose em alguns pares de cruzamentos realizados, uma vez que 90% do material testado foram de híbridos. Para Assis e Mafia (2007), a maioria dos benefícios proporcionados pelo uso de híbridos em *Eucalyptus*, principalmente quanto à produtividade florestal, é creditada à manifestação de heterose para crescimento e à complementaridade que certas espécies apresentam em relação às características necessárias para adaptação.

Assis (2000) relata que em alguns cruzamentos entre espécies da seção *Transversaria*, no estado de Minas Gerais, não foi detectada heterose para crescimento e os materiais genéticos não se apresentaram bem adaptados a essa região. Provavelmente, isso pode ter ocorrido porque a chance de ocorrer heterose entre espécies da mesma seção, geneticamente mais próximas, é menor do que entre espécies de seções diferentes (KHA e CUONG, 2000; ASSIS e SANTOS, 2012).

Observa-se também, variação no desempenho da testemunha entre os locais, tanto na posição de ordenamento, como nos valores genotípicos preditos. Essa variação foi da posição 37 no ordenamento para o ambiente Capivara, até a posição 200 para o ambiente Fortaleza. Isso demonstra que a testemunha (*E. saligna*) apresenta diferente adaptabilidade entre os ambientes, apresentando maior adaptabilidade ao site Capivara, em comparação ao site Fortaleza (TABELA 3).

Na Tabela 4, observa-se a porcentagem de espécies presentes entre os 30 melhores clones, para cada local. No site Cambará, o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* apresentou a maior porcentagem (40%) entre esses melhores clones, para os demais locais a espécie que apresentou a maior porcentagem de clones entre os 30 melhores, foi a espécie *E. grandis*, com 47, 30 e 30%, respectivamente para os locais Capivara, Fortaleza e São João. Deve-se observar essas informações com parcimônia, pois as mesmas são afetadas pela quantidade inicial de clones implantados nos ensaios.

De acordo com Higa e Wrege (2010), o *Eucalyptus grandis* encontra-se no estado do Rio Grande do Sul, ao longo da depressão central do estado em região de boa adaptação, com condições de atingir altas produtividades florestais, desde que não ocorrem eventos de geadas severas (como os ocorridos em 1994 e 2000) e que não ocorra déficit hídrico.

Durante o período de avaliação desse trabalho (entre 2007 e 2010), não foram registrados eventos de geadas severas, ou de déficit hídrico nessa região do Rio Grande do Sul, de acordo com a base de dados climáticos da empresa CMPC Celulose Riograndense (Borges Junior, comunicação pessoal). Esse fato, provavelmente proporcionou os bons resultados de produtividade encontrados para os materiais genéticos de *E. grandis* e também para o seu híbrido com *E. urophylla*, encontrados nesse estudo, pois esses materiais genéticos não são resistentes à geadas.

No site Fortaleza, chama a atenção a porcentagem (17%) de clones pertencentes ao híbrido de *E. grandis* x *E. Kirtoniana*. Esse não é um híbrido com tradição de uso no Brasil, devendo-se entender melhor seu desempenho de produtividade e adaptabilidade. Por sua vez o site Fortaleza, foi o que apresentou a menor produtividade volumétrica no crescimento médio dos clones entre os ambientes e também da testemunha comercial (TABELA 3), tornando-se importante o desenvolvimento de híbridos e clones, que possam aumentar a produtividade desse site.

TABELA 3 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS PARA A VARIÁVEL PRODUTIVIDADE EM VOLUME (m³/ha.ano) DOS 30 MELHORES CLONES AVALIADOS NOS QUATRO AMBIENTES.

ORDENAMENTO	CAMBARÁ			CAPIVARA			FORTALEZA			SÃO JOÃO		
	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO
1	39323	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	22,1	39246	<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	24,0	39654	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	20,7	39569	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	31,7
2	39659	<i>E. urophylla</i>	20,8	39654	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	23,3	39706	<i>E. grandis</i>	15,7	39320	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	29,6
3	39510	<i>E. urophylla</i>	20,6	39002	<i>E. grandis</i>	20,7	39032	<i>E. grandis</i>	15,1	38904	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	28,8
4	6808	<i>E. grandis</i>	19,9	39259	<i>E. grandis</i>	20,0	39416	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	13,9	39030	<i>E. grandis</i>	27,3
5	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,7	39423	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	19,2	39320	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	13,1	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	27,0
6	39814	<i>E. urophylla</i>	17,3	39407	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	18,5	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,9	38885	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	26,3
7	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17,2	39416	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	18,0	39351	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	12,0	39706	<i>E. grandis</i>	25,3
8	6815	<i>E. grandis</i>	17,1	39606	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	17,7	39543	<i>E. grandis</i>	11,9	39789	<i>E. urophylla</i>	24,3
9	39427	<i>E. urophylla</i>	16,6	39841	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	17,3	39546	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	11,9	39092	<i>E. grandis</i>	22,4
10	39344	<i>E. grandis</i>	16,5	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	17,3	38934	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	11,7	39018	<i>E. grandis</i>	21,7
11	39425	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	16,3	39912	<i>E. urophylla</i>	15,8	39325	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	11,5	39445	<i>E. urophylla</i>	21,5
12	39789	<i>E. urophylla</i>	16,0	38909	<i>E. grandis</i>	15,3	39381	<i>E. grandis</i>	11,3	39606	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	20,7
13	39320	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	15,9	39925	<i>E. grandis</i>	15,0	11511	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	11,3	39461	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,5
14	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	15,3	39237	<i>E. grandis</i>	15,0	39817	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	11,2	39416	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	19,4
15	39209	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	14,9	39251	<i>E. grandis</i>	14,9	39920	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	11,2	39410	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	19,1
16	39335	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	14,9	39032	<i>E. grandis</i>	14,8	39659	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	11,1	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	18,8
17	39653	<i>E. urophylla</i>	14,8	39106	(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	14,3	38975	<i>E. grandis</i>	10,7	39103	<i>E. grandis</i>	18,8
18	38913	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	14,7	39257	<i>E. grandis</i>	13,9	39498	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	10,5	39425	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	18,7
19	38841	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	14,4	39196	<i>E. grandis</i>	13,9	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9,6	39423	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	18,7
20	39619	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	14,1	39665	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	13,9	38973	<i>E. grandis</i>	9,5	39659	<i>E. urophylla</i>	18,2
21	38970	<i>E. grandis</i>	13,9	38871	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,8	38926	<i>E. urophylla</i>	9,4	39519	<i>E. saligna</i>	18,0
22	39642	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,8	6190	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,4	39387	<i>E. grandis</i>	9,3	39032	<i>E. grandis</i>	17,9
23	38848	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,3	38907	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	13,2	39002	<i>E. grandis</i>	9,1	39166	<i>E. grandis</i>	17,8
24	39222	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,2	39160	<i>E. grandis</i>	13,1	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	9,0	39644	<i>E. urophylla</i>	17,8
25	39177	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,1	39700	<i>E. grandis</i>	13,0	38959	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	9,0	39560	<i>E. saligna</i>	17,6
26	39498	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,0	39384	<i>E. grandis</i>	13,0	39878	<i>E. grandis</i>	8,9	39067	<i>E. grandis</i>	17,5
27	39554	<i>E. urophylla</i>	13,0	39467	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,9	39504	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,9	39096	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	17,4
28	39460	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,9	39569	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,9	39569	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,7	39543	<i>E. grandis</i>	16,7
29	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	12,9	39297	<i>E. grandis</i>	12,5	20527	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,7	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	16,7
30	39665	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	12,4	39001	<i>E. grandis</i>	12,4	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,6	39138	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	16,3
-	32864	<i>E. saligna</i> (testemunha) - ordenamento 137	5,2	32864	<i>E. saligna</i> - ordenamento 37	11,7	32864	<i>E. saligna</i> - ordenamento 200	1,6	32864	<i>E. saligna</i> - ordenamento 96	9,1

FONTE: o autor (2012)

Segundo Prior e Johnson (1971) o *Eucalyptus kirtoniana*, foi primeiramente mencionado em 1879 no documento 'Eucalyptographia' como *Eucalyptus resinifera*. Já em 1880, foi formalmente descrito por Mueller como a espécie *E. kirtoniana*. Posteriormente, em outras publicações, apareceu como *Eucalyptus patentinervis* F. Muell ex RT Baker e também como *Eucalyptus resinifera var. kirtoniana* (F. Muell.) H. Deane e Donzela. Nesse documento, os mesmos autores o descreveram como sendo um híbrido de *E. robusta* x *E. tereticornis* e assim a espécie vem sendo considerada desde então (Kleinig, D. - comunicação pessoal).

O site Fortaleza, é um ambiente que apresenta solo raso e mudança textural forte (TABELA 1), características que favorecem o alagamento e conseqüente anoxia do sistema radicular (COSTA *et al.*, 2009). Por sua vez o *E. robusta* é tido como a principal espécie de *Eucalyptus* para utilização em áreas sujeitas a encharcamento (BROOKER e KLEINIG, 2006).

Dessa maneira, pode-se afirmar que o *E. robusta* forneceu a esse híbrido, alelos favoráveis ao crescimento em áreas sujeitas ao encharcamento (favoráveis a anoxia do sistema radicular), o que proporcionou o bom desenvolvimento dos clones desse híbrido no ambiente Fortaleza.

Deve-se observar ainda, que espécies puras usadas em regiões com ocorrência de geadas severas (caso do ambiente Fortaleza), tais como o *E. dunnii*, *E. benthamii* e *E. viminalis*, conforme descrito por Santos *et al.* (2012) não estavam entre os materiais genéticos testados (TABELA 2). O uso dessas espécies e seus híbridos poderia ter contribuído para o aumento da produtividade em volume no ambiente Fortaleza.

Observa-se ainda, que entre o grupo dos 05 melhores clones para cada ambiente, existem alguns clones que são "three-way cross" (9 em 20, 45% do total). Principalmente, para o site São João os três melhores clones são three cross.

Para Assis e Mafia (2007), o fato dos híbridos de *Eucalyptus* serem férteis (NIKLES, 1992) permite que híbridos F₁ sejam utilizados em novos cruzamentos para a integração de genes de outras espécies (three-way e four-way crosses). A utilização de indivíduos híbridos superiores, em novos cruzamentos é recomendada, uma vez que a superioridade apresentada pelos indivíduos tem um mérito genético (RESENDE e HIGA, 1990; NIKLES 1992).

Provavelmente, essa superioridade é resultado de complementaridade, em que a introdução de um terceiro conjunto gênico, pode criar melhores condições adaptativas a condições ambientais variáveis. Além disso, clones multiespécies são mais estáveis, pois a interação genótipos x ambientes decresce na medida em que há aumento do número de espécies no cruzamento (ASSIS e MAFIA, 2007).

TABELA 4 - PORCENTAGEM DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS, PRESENTES ENTRE OS 30 MELHORES CLONES, NA ANÁLISE INDIVIDUAL PARA VOLUME (m³/ha.ano) PARA OS QUATRO AMBIENTES.

ESPÉCIE/HÍBRIDO	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	40%	13%	27%	20%
<i>E. urophylla</i>	23%	3%	3%	13%
<i>E. grandis</i>	13%	47%	30%	30%
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	10%	-	3%	7%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	7%	3%	-	-
<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	3%	3%	3%	3%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	3%	-	3%	3%
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	-	3%	7%	-
<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	-	3%	-	-
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	-	10%	3%	7%
<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	-	3%	3%	3%
<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	-	3%	-	3%
(<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>) x <i>E. grandis</i>	-	3%	-	-
<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	-	3%	17%	3%
<i>E. saligna</i>	-	-	-	7%

FONTE: o autor (2012)

Por exemplo, ASSIS e SANTOS (2012) relatam que o uso de indivíduos formados pela união de três espécies e também por retrocruzamentos entre as seções Transversaria e Maidenaria, apresentam potencial de melhorar a produtividade florestal e resistência ao frio, em áreas de ocorrência de geadas severas.

3.2 DESEMPENHO DAS ESPÉCIES E HÍBRIDOS NOS DIFERENTES AMBIENTES, PARA O CARÁTER IMApeso:

Na Tabela 5 pode-se observar o ordenamento de valores genotípicos na análise individual para os quatro ambientes, para o caráter produtividade em IMAPeso. Pode-se observar também que existe variação no ordenamento entre os melhores clones e por conseqüência, também entre as melhores espécies e híbridos.

Do total de 34 espécies e híbridos avaliados, 14 deles (41%) fizeram-se presentes entre os 30 melhores clones, nos 04 ambientes avaliados. Esses valores, são similares aos valores encontrados para o caráter produtividade em volume ($m^3/ha.ano$), confirmando que a maioria dos híbridos testados não se apresentaram bem adaptados aos ambientes de plantio.

Observa-se também, que houve mudança das espécies e híbridos presentes entre os 30 melhores clones e também houve mudança de posição no ordenamento em comparação com os resultados da análise apenas para o caráter volume (TABELA 3). Isso demonstra a importância de agregar a análise de caracteres que englobem a qualidade da madeira no processo seletivo, conforme ressaltado por diversos autores (DEMUNER e BERTOLUCCI, 1994; TIBBITS, *et al.*, 1995; SANTOS *et al.*, 2006).

Na Tabela 6, observa-se também a porcentagem de espécies presentes entre os 30 melhores clones, para cada local. No ambiente Cambará, a espécie *E. urophylla* apresentou a maior porcentagem (33%) entre os 30 melhores clones. No ambiente Capivara, o melhor desempenho foi da espécie *E. saligna*. Já para o ambiente Fortaleza foi a espécie *E. grandis* (30%) e no ambiente São João o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (23%).

Conforme aconteceu para a produtividade em volume ($m^3/ha.ano$) para o ambiente Fortaleza, também chama atenção a porcentagem (17%) de clones pertencentes ao híbrido de *E. grandis* x *E. kirtoniana*. Conforme comentado anteriormente, esse não é um híbrido com tradição de uso no Brasil, reforçando-se a necessidade de entender melhor essa sua performance em IMApeso, que agrega à seleção o caráter densidade básica da madeira.

É importante ressaltar ainda, que o híbrido de *E. grandis* x *E. kirtoniana*, é na verdade, um material genético three cross, pois o *E. kirtoniana* é um híbrido de *E. robusta* x *E. tereticornis*. Dessa maneira, tem-se o three cross *E. grandis* x (*E. robusta* x *E. tereticornis*).

TABELA 5 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS PARA A VARIÁVEL IMApeso DOS 30 MELHORES CLONES AVALIADOS NOS QUATRO DIFERENTES AMBIENTES.

CAMBARÁ				CAPIVARA				FORTALEZA				SÃO JOÃO			
ORDENAMENTO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	CLONE	ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO
1	39659	<i>E. urophylla</i>	1,75	39912	<i>E. urophylla</i>	1,15	39706	<i>E. grandis</i>	1,15	39569	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1,82			
2	39510	<i>E. urophylla</i>	1,57	39407	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	1,12	39654	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	1,05	38904	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1,78			
3	6808	<i>E. grandis</i>	1,50	6190	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,12	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,94	39410	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	1,68			
4	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,40	34039	<i>E. saligna</i>	1,01	39274	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,91	39445	<i>E. urophylla</i>	1,57			
5	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,36	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1,01	39659	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	0,84	39706	<i>E. grandis</i>	1,54			
6	6815	<i>E. grandis</i>	1,26	32864 (testemunha)	<i>E. saligna</i>	0,98	39738	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,77	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,54			
7	39575	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	1,22	32949	<i>E. saligna</i>	0,98	39690	<i>E. grandis</i>	0,77	39416	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	1,47			
8	39427	<i>E. urophylla</i>	1,19	39654	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	0,94	39920	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,77	39320	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	1,47			
9	39789	<i>E. urophylla</i>	1,15	39423	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,94	39032	<i>E. grandis</i>	0,77	39575	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	1,43			
10	39209	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,15	39517	<i>E. saligna</i>	0,87	39596	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,73	39038	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,43			
11	39352	<i>E. urophylla</i>	1,15	39251	<i>E. grandis</i>	0,87	39461	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,73	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,40			
12	39344	<i>E. grandis</i>	1,01	39471	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,84	39498	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,70	39659	<i>E. urophylla</i>	1,33			
13	39498	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,98	39246	<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	0,84	39387	<i>E. grandis</i>	0,70	39274	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	1,33			
14	39323	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,98	39259	<i>E. grandis</i>	0,84	39438	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,70	39606	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	1,33			
15	39554	<i>E. urophylla</i>	0,91	39655	<i>E. urophylla</i>	0,84	38629	<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	0,66	32949	<i>E. saligna</i>	1,26			
16	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,91	39606	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,84	38873	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,66	39092	<i>E. grandis</i>	1,26			
17	39305	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,87	38871	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,80	39410	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,63	38885	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	1,26			
18	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,87	39700	<i>E. grandis</i>	0,80	6891	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>	0,63	39407	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	1,26			
19	39425	<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	0,87	39353	<i>E. urophylla</i>	0,80	38959	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	0,59	39461	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,22			
20	39335	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	0,87	39467	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,77	39320	<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,59	39789	<i>E. urophylla</i>	1,22			
21	39653	<i>E. urophylla</i>	0,84	38907	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	0,73	39045	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,59	39596	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	1,22			
22	39274	<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,84	39841	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,73	39542	<i>E. saligna</i>	0,59	39095	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,22			
23	39814	<i>E. urophylla</i>	0,84	39363	<i>E. saligna</i>	0,73	39325	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	0,56	38872	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,19			
24	39642	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,80	39542	<i>E. saligna</i>	0,73	39424	<i>E. urophylla</i>	0,56	39018	<i>E. grandis</i>	1,12			
25	39177	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,80	39176	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,70	38934	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	0,56	39030	<i>E. grandis</i>	1,12			
26	39500	<i>E. urophylla</i>	0,80	38963	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,66	39620	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	0,56	39644	<i>E. urophylla</i>	1,12			
27	38841	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,80	39297	<i>E. grandis</i>	0,66	39351	<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	0,56	39423	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	1,12			
28	6260	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,80	39217	<i>E. urophylla</i>	0,66	38903	<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,52	39032	<i>E. grandis</i>	1,08			
29	39553	<i>E. urophylla</i>	0,80	39909	<i>E. saligna</i>	0,66	39416	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,52	39241	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,01			
30	39508	<i>E. grandis</i>	0,80	39621	<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	0,66	39510	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,52	39427	<i>E. urophylla</i>	1,01			
.
-	32864	<i>E. saligna</i> (testemunha) - ordenamento 49	0,63	.	.	.	32864	<i>E. saligna</i> - ordenamento 87	0,28	32864	<i>E. saligna</i> - ordenamento 86	0,63	.	.	.

FONTE: o autor (2012)

TABELA 6 - PORCENTAGEM DE ESPÉCIES E HÍBRIDOS, PRESENTES ENTRE OS 30 MELHORES CLONES, NA ANÁLISE INDIVIDUAL PARA IMAPeso NOS QUATRO DIFERENTES AMBIENTES.

ESPÉCIE/HÍBRIDO	CAMBARÁ	CAPIVARA	FORTALEZA	SÃO JOÃO
<i>E. urophylla</i>	33%	13%	3%	17%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	30%	17%	27%	23%
<i>E. grandis</i>	13%	13%	30%	17%
<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	7%	3%	-	13%
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	3%	13%	3%	10%
<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	3%	3%	3%	3%
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	3%	-	3%	7%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	3%	-	3%	-
<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	3%	3%	-	-
<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	-	3%	17%	3%
<i>E. saligna</i>	-	23%	-	3%
<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	-	3%	-	-
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	-	3%	7%	-
<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	-	-	3%	3%

FONTE: o autor (2012)

3.3 GANHOS GENÉTICOS COM A ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES

Na Tabela 7, pode-se observar o ordenamento das espécies presentes entre os 30 melhores clones, para a seleção conjunta entre os quatro ambientes, para a característica produtividade em volume ($m^3/ha.ano$).

As duas melhores espécies e híbridos do ordenamento, são "three-way cross" e proporcionam um ganho de 43,4% em relação à média do experimento. Isso pode ter ocorrido porque a participação de um número maior de espécies nos cruzamentos controlados, proporciona que os materiais genéticos produzidos sejam mais estáveis entre os diferentes ambientes produtivos. Essa constatação está alinhada com propostas atuais de estratégias de melhoramento genético, como a proposta realizada por Resende e Assis (2008) que recomendam que os modernos programas de melhoramento genético do *Eucalyptus* devem ser conduzidos através da

Seleção Recorrente Recíproca entre Populações Sintéticas Multi-espécies (SRR-PSME).

Essa estratégia é baseada na observação que é praticamente impossível combinar em único indivíduo todas as características necessárias para um programa de melhoramento florestal, sem aumentar a possibilidade de várias espécies de *Eucalyptus* contribuírem com alelos das diversas características de interesse (RESENDE e ASSIS, 2008).

Quando compara-se o ganho genético em relação à testemunha comercial (*Eucalyptus saligna*), esse ganho é da ordem de 14,4%, diminuindo-se sensivelmente em relação ao ganho referente à média do experimento. Isso demonstra a relativa boa adaptação da testemunha comercial utilizada nesse estudo.

Na Tabela 8, pode-se observar o ordenamento das espécies presentes entre os 30 melhores clones, para a seleção conjunta entre os quatro ambientes, para o caráter IMApeso.

Do total das espécies e híbridos testados, 29% (10 em 34), estão entre os 30 melhores clones do experimento. Considerando os dois melhores clones do ordenamento, o ganho em relação à média do experimento foi de 50,6%. Já em relação à testemunha comercial, o ganho diminuiu sensivelmente e foi de 8,1%.

Para Assis e Mafia (2007), apesar da importância para os processos de produção industrial, são raros os estudos sobre o tipo de herança da qualidade da madeira em cruzamentos entre espécies de *Eucalyptus*. Dessa maneira o melhor entendimento das características ligadas a agregação do caráter densidade básica (qualidade da madeira) no processo seletivo, bem como o desempenho dos clones gerados a partir da hibridação, são de fundamental importância para o sucesso futuro de programas de melhoramento genético florestal.

TABELA 7 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE VOLUME (m³/ha.ano), PARA AS DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES, CONSIDERANDO OS 30 MELHORES CLONES PARA ESSE CARÁTER.

ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	u+g	GANHO	NOVA MÉDIA	GANHO EM RELAÇÃO (MÉDIA GERAL)	GANHO EM RELAÇÃO (TESTEMUNHA)	NÚMERO DE CLONES	% (EM 30)
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	14,3	47,1	14,3	47,1	43,7%	14,7%	1	3%
<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	13,7	46,5	14,1	46,9	43,0%	14,1%	1	3%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,7	45,5	13,5	46,3	41,2%	12,7%	4	13%
<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	11,7	44,5	12,9	45,7	39,2%	11,1%	1	3%
<i>E. urophylla</i>	11,1	43,9	12,5	45,3	38,0%	10,1%	4	13%
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	11,0	43,8	12,4	45,2	37,8%	10,0%	1	3%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. deanei</i>	10,6	43,4	12,2	45,0	37,1%	9,5%	1	3%
<i>E. grandis</i> x <i>E. kirtoniana</i>	10,5	43,3	12,1	44,9	36,8%	9,2%	2	7%
<i>E. grandis</i>	10,4	43,2	12,1	44,9	36,8%	9,2%	8	27%
<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	10,4	43,2	11,9	44,7	36,4%	8,9%	2	7%
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	9,7	42,5	11,5	44,3	35,1%	7,8%	3	10%
<i>E. saligna</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	9,6	42,4	11,5	44,3	35,1%	7,8%	1	3%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. saligna</i>	9,2	42,0	11,2	44,0	34,1%	7,0%	1	3%
.
<i>E. saligna</i> (testemunha)	5,9	38,8	8,3	41,1	25,3%	-	-	-
			Média geral	32,8				

FONTE: o autor (2012)

TABELA 8 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS E GANHOS PREDITOS PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE (IMApeso), PARA AS DIFERENTES ESPÉCIES E HÍBRIDOS NA ANÁLISE CONJUNTA ENTRE OS AMBIENTES, CONSIDERANDO OS 30 MELHORES CLONES PARA ESSE CARÁTER.

ESPÉCIE/HÍBRIDO	VALOR GENOTÍPICO	u+g	GANHO	NOVA MÉDIA	GANHO EM RELAÇÃO (MÉDIA GERAL)	GANHO EM RELAÇÃO (TESTEMUNHA)	NÚMERO DE CLONES	% (EM 30)
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,857	2,637	0,927	2,707	52,1%	9,2%	2	7%
<i>E. saligna</i>	0,804	2,584	0,874	2,654	49,1%	7,1%	1	3%
<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,769	2,549	0,863	2,643	48,5%	6,6%	3	10%
<i>E. urophylla</i> x (<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>)	0,734	2,514	0,839	2,619	47,1%	5,6%	1	3%
<i>E. urophylla</i>	0,729	2,509	0,824	2,604	46,3%	5,0%	7	23%
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,719	2,499	0,839	2,619	47,1%	5,6%	7	23%
<i>E. grandis</i>	0,706	2,486	0,818	2,598	46,0%	4,8%	5	17%
<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	0,699	2,479	0,839	2,619	47,1%	5,6%	1	3%
<i>E. saligna</i> x (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,664	2,444	0,787	2,567	44,2%	3,5%	2	7%
<i>E. grandis</i> x <i>E. saligna</i>	0,629	2,409	0,769	2,549	43,2%	2,8%	1	3%
.
<i>E. saligna</i> (testemunha)	0,559	2,339	0,699	2,479	39,3%	-	-	-
			Média Geral	1,78				

FONTE: o autor (2012)

Cabe ressaltar que nesse estudo, um dos principais híbridos tidos como potenciais para melhorar a densidade básica da madeira em *Eucalyptus*, que são os híbridos envolvendo *E. globulus* (ASSIS, 2000; ASSIS, 2001) não apresentou-se entre os melhores clones do ordenamento de IMApeso. Isso pode ter ocorrido devido a falta de heterose entre os pares de indivíduos utilizados para os cruzamentos controlados.

3.4 ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE

Na Tabela 9, apresentam-se os resultados sobre a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para a característica produtividade em volume ($m^3/ha.ano$).

Observa-se que assim como ocorreu para a seleção com base no ordenamento dos valores genotípicos em volume, na seleção simultânea por estabilidade e adaptabilidade, os dois melhores materiais genéticos do ordenamento também foram "three-way cross" ou retrocruzamentos.

A superioridade para os materiais "three-way cross", na análise simultânea por adaptabilidade e estabilidade, confirma observações já realizadas que indicam que materiais genéticos com maior número de espécies participando da formação do híbrido, tendem a ser mais adaptados e também estáveis a variações ambientais dos locais de plantio.

TABELA 9 - ESTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE SIMULTANEAMENTE (MHPRVG) PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE VOLUME (m³/ha.ano).

ORDENAMENTO	ESTABILIDADE		ADAPTABILIDADE			ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE		
	ESPÉCIE/HÍBRIDO	MHVG	ESPÉCIE/HÍBRIDO	PRVG	PRVG*MG	ESPÉCIE/HÍBRIDO	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	50,4	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	1,633	53,6	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	1,598	52,5
2	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	48,9	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	1,578	51,8	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	1,578	51,8
3	E. grandis	48,5	E. grandis x E. saligna	1,474	48,4	E. urophylla	1,462	48,0
4	E. urophylla	48,2	E. urophylla	1,470	48,3	E. grandis x E. saligna	1,458	47,9
5	E. grandis x E. urophylla	47,7	E. urophylla x E. grandis	1,466	48,2	E. urophylla x E. grandis	1,456	47,8
6	E. urophylla x E. deanei	47,5	E. grandis	1,460	48,0	E. grandis	1,436	47,2
7	E. urophylla x E. globulus	46,6	E. grandis x E. urophylla	1,439	47,3	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	1,433	47,1
8	E. grandis x E. Kirtoniana	46,4	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	1,437	47,2	E. grandis x E. urophylla	1,430	47,0
9	E. urophylla x E. grandis	46,2	E. grandis x E. Kirtoniana	1,436	47,2	E. grandis x E. Kirtoniana	1,427	46,9
10	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	46,2	E. saligna x (E. urophylla x E. grandis)	1,411	46,3	E. urophylla x E. deanei	1,372	45,1
11	E. urophylla x E. saligna	45,6	E. urophylla x (E. grandis x E. urophylla)	1,406	46,2	E. saligna x (E. urophylla x E. grandis)	1,371	45,0
12	E. saligna	45,1	E. urophylla x E. deanei	1,390	45,6	-	-	-
.
-	E. saligna (32864)	38,7	E. saligna (32864)	1,22	40,0	E. saligna (32864)	1,21	39,7
							Média geral (MG)	32,8
							Ganho genético em relação à média do experimento (02 melhores híbridos)	59%
							Ganho genético em relação à média da testemunha (02 melhores híbridos)	31%

FONTE: o autor (2012)

Esses resultados podem servir para o direcionamento de cruzamentos controlados em fases avançadas de programas de melhoramento genético. Assis e Mafia (2007) relatam que alguns programas de hibridação em desenvolvimento no Brasil, têm utilizado clones de híbridos oriundos dos programas comerciais de clonagem, para cruzamentos do tipo "three-way cross" e também em retrocruzamentos. Essas combinações permitem, em muitos casos, manter a heterose já presente nos indivíduos híbridos utilizados nos cruzamentos.

Provavelmente, essa superioridade é resultado de complementaridade, em que a introdução de um terceiro conjunto gênico pode criar melhores condições de adaptação a condições ambientais variáveis. Dessa maneira, quando *E. urophylla* recebe pólen de *E. camaldulensis* x *E. grandis*, por exemplo, além de estar recebendo alelos de *E. grandis* (que é uma espécie razoavelmente bem adaptada ao Rio Grande do Sul) e com quem combina e produz heterose, recebe também alelos de *E. camaldulensis*, que provavelmente adicionam mais alguma vantagem adaptativa.

Comparando-se os ganhos obtidos com a MHPRVG em relação à média do experimento, o ganho proporcionado foi de 59,0%, já em relação à testemunha (*E. saligna*) a superioridade média desses dois melhores materiais genéticos foi de 31,0%. Quando analisa-se esse ganho, com o ganho predito no ordenamento de valores genotípicos entre os ambientes (TABELA 5) também em relação à testemunha, o mesmo foi de 14,4%.

Isso significa um ganho adicional de 16,6% em relação à testemunha, quando utiliza-se a seleção simultânea por adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos, em comparação com a testemunha comercial. Como o objetivo de um programa de melhoramento genético deve ser sempre superar o material genético atualmente plantado comercialmente pelas empresas (testemunha), o desenvolvimento de métodos como a seleção simultânea por estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG) torna-se importante para garantir que maior percentual de ganho seja alcançado.

Na Tabela 10, pode-se observar também, os resultados sobre a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e estabilidade e adaptabilidade simultaneamente (MHPRVG), para a característica produtividade em IMApeso.

Os dois melhores materiais genéticos foram os híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*) pelo critério MHPRVG, que foram superiores em média 63% sobre a média geral dos 04 ambientes (1,79).

Comparando-se os ganhos obtidos com a MHPRVG em relação à testemunha (*E. saligna*), à superioridade média desses dois genótipos foi de 19,0%. Quando analisa-se esse ganho, com o ganho predito no ordenamento de valores genotípicos na análise conjunta entre os ambientes (TABELA 8) também em relação à testemunha, o mesmo foi de 8,0%.

Isso significa ganho adicional de 11,0% em relação à testemunha comercial, quando utiliza-se a seleção simultânea por adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos. Segundo Resende (2007), isso ocorre porque com a seleção simultânea nos novos materiais genéticos, capitaliza o ganho com a interação média entre os ambientes, o que não ocorre com o material genético usado como testemunha, pois eles estão com muitas repetições nos ensaios e sua herdabilidade média já tende a ser 1,0 em cada ensaio.

TABELA 10 - ESTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHVG), ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (PRVG) E ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE DE VALORES GENÉTICOS (MHPRVG) PARA O CARÁTER PRODUTIVIDADE EM IMApeso.

ORDENAMENTO	ESTABILIDADE		ADAPTABILIDADE			ESTABILIDADE E ADAPTABILIDADE		
	ESPÉCIE/HÍBRIDO	MHVG	ESPÉCIE/HÍBRIDO	PRVG	PRVG*MG	ESPÉCIE/HÍBRIDO	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	3,15	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	1,60	2,87	E. grandis x E. urophylla	1,667	2,98
2	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	2,87	E. urophylla	1,60	2,86	E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)	1,586	2,84
3	E. grandis	2,87	E. grandis x E. urophylla	1,59	2,85	E. grandis	1,584	2,83
4	E. urophylla	2,81	E. grandis	1,57	2,81	E. urophylla	1,557	2,79
5	E. urophylla x E. deanei	2,80	E. grandis x E. saligna	1,54	2,75	E. grandis x E. saligna	1,525	2,73
6	E. urophylla x E. globulus	2,73	E. urophylla x E. grandis	1,52	2,72	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	1,515	2,71
7	E. grandis x E. urophylla	2,73	E. grandis x (E. urophylla x E. grandis)	1,52	2,72	E. urophylla x E. grandis	1,512	2,71
8	E. grandis x E. Kirtoniana	2,69	E. saligna	1,50	2,69	E. saligna	1,498	2,68
9	E. urophylla x E. grandis	2,66	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	1,47	2,64	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	1,463	2,62
10	E. saligna x (E. grandis x E. urophylla)	2,66	-	-	-	E. grandis x E. Kirtoniana	1,418	2,54
11	E. urophylla x E. saligna	2,62	-	-	-	-	-	-
12	E. saligna	2,55	-	-	-	-	-	-
.
-	E. saligna (2864)	2,38	E. saligna (2864)	1,38	2,48	E. saligna (2864)	1,367	2,45
							Média geral (MG)	1,79
							Ganho genético em relação à média do experimento (02 melhores híbridos)	63%
							Ganho genético em relação à média da testemunha (02 melhores híbridos)	19%

FONTE: o autor (2012)

4 CONCLUSÕES

Apenas quatro em cada dez espécies e híbridos testados, estão presentes entre os 30 melhores clones avaliados nos diferentes ambientes. Assim, apenas 40% dos materiais genéticos avaliados apresentam boa adaptação aos ambientes de plantio.

O híbrido de *E. grandis* x *E. kirtoniana*, que não tem tradição de uso no Brasil, apresentou bom percentual (17%) de clones superiores no ambiente Fortaleza. Por sua vez, esse foi o ambiente que apresentou a menor produtividade volumétrica, entre os ambientes avaliados.

Quando agregou-se a análise o caráter IMApeso, houve variação de posição no ordenamento em todos os ambientes, evidenciando-se a importância de agregar-se análises de características ligadas a qualidade da madeira no processo de seleção.

Na seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade destacaram-se entre os melhores materiais genéticos do ordenamento, híbridos do tipo "three-way cross", formados por três diferentes espécies de *Eucalyptus*.

A análise simultânea produtividade, estabilidade e adaptabilidade apresenta ganhos superiores em relação à seleção apenas pelo ordenamento de valores genotípicos, principalmente quando compara-se o ganho em relação à testemunha comercial.

Os híbridos mais promissores para a geração de clones superiores foram *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*), *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. grandis*), *E. saligna* x (*E. grandis* x *E. urophylla*) e *E. grandis* x *E. kirtoniana*.

REFERÊNCIAS

ASSIS, T.F. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: Hybrid breeding and genetics of forest purposes. In: Dungey, H.S; Dieters, M. J.; Nikles, D.J. (Eds.). **In: QFRI/CRC-SPF Symposium, Noosa, Queensland, Austrália. Proceedings.** (Departament of Primary industries, Brisbane). 2000. p. 63-75.

ASSIS, T.F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale: In: Iufro International Symposium, Valdivia. **Proceeding...**Chile: EMBRAPA/CNPQ, 22. 2001.

ASSIS, T.F.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollination of *Eucalyptus*. **Australian Forestry** 68 (1): 27-33. 2005.

ASSIS, T.F., MAFIA, R.G. Hibridação e clonagem. In: Borém, A. (ed.) **Biologia Florestal**. Viçosa [s.n.]. 2007. p. 93-121.

ASSIS, T.F., SANTOS, G.A. Potencialidade de híbridos com *Eucalyptus benthamii*. [Coordenado por] SILVA, L.D., HIGA, A. R., SANTOS, G.A., **In: Silvicultura e Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii***. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 61-75.

BASTOS, I.T. et al., Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 37(4): 195-203, dez. 2007.

BORGES, et al., Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de Minas gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.27, n.3, p.478-490, 2009.

BROOKER M.I.H; KLEINIG, D.A. **Field guide to *Eucalyptus***. Volume 1 South-Eastern Austrália. 3rd. 356p. 2006.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa do eucalipto. **O Papel**, v. 55, n. 1, p. 16-23, 1994.

GREAVES, B.L.; BORRALHO, N.M.G.; RAYMOND, C.A.; FARRINGTON, A. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*, **Canadian Journal of Forest Research** **26(9)**: p. 1643-1650. 1996.

HIGA, R. C. V., WREGGE, M. Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para a região Sul do Brasil [recurso eletrônico] / Rosana Clara Victoria Higa, Marcos Silveira Wrege. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2010. CD-ROM (**Documentos/Embrapa Florestas**, ISSN 1679-2599 ; 209)

KHA, L.D.; CUONG, N.V. Research on hybridization of some *Eucalyptus* species in Vietnam-Hybrid breeding and genetics of Forest Trees. In: **Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees**. Dungey, H.S., Dieters, M.J.; Nikles, D.J. (Eds.) Proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium, Noosa, Queensland, Austrália. Brisbane: Department of Primary Industries. 2000. p.139-146.

LEITE, H.G. et al., Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v.19. n.1. p. 75-79. 1995.

MAIA, et al., Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.

NIKLES, D.G. 1992. Hybrids of forest trees: The bases of hybrid superiority and discussion of breeding methods. In: **IUFRO Conference Resolving Tropical Forest Resource** Concerns Through Tree Improvement, Gene Conservation and Domestication of New Species. Cartagena and Cali, Colombia, 1992. p.333-347.

PIRES, I.E. et al., **Genética Florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 318p.

PRYOR, L.D., JOHNSON, L.A.S. **A classification of the eucalyptus**. Australian National University, Canberra. 1971.

RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R. 1990. Estratégias de melhoramento para *Eucalyptus* visando à seleção de híbridos. **Boletim de Pesquisa Florestal** **21**: 49-60.

RESENDE, M. D. V. Novas abordagens estatísticas na análise de experimentos e campo. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 60 p. (**Embrapa Florestas Documentos 100**).

RESENDE, M.D.V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002. 975p.

RESENDE, M.D.V. Melhoramento de Essências Florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 717-780.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 562p.

RESENDE, M.D.V., ASSIS, T.F. Seleção Recorrente Recíproca entre Populações Sintéticas Multi- Espécies (SRR-PSME) de Eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.57, p.57-60, jul./dez. 2008.

ROSADO, A.M. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.

SANTOS, G.A.; XAVIER, A.; LEITE, H.G. Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus grandis* em relação às árvores matrizes. **Revista Árvore**, vol.30, n.5, p. 737-747. 2006.

SANTOS, G.A, et al., Potencial da silvicultura clonal de *Eucalyptus benthamii* para o sul do Brasil. [Coordenado por] SILVA, L.D., HIGA, A. R., SANTOS, G.A., In: **Silvicultura e Melhoramento Genético de *Eucalyptus benthamii***. Curitiba: FUPEF, 2012. p. 77-103.

TIBBITS. W.N., DEAN, G., FRENCH, J. (1995). Relative pulping properties of *Eucalyptus nitens* x *E. globulus* F₁ hybrids. **CRCTHF-IUFRO Conference *Eucalyptus* Plantation: Improving Fiber Yield and Quality**. Hobart. Australia.1995. p.83-84.

VERARDI, et al., Adaptabilidade e estabilidade da produção de borracha e seleção em progênies de seringueira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1277-1282, 2009.

SEÇÃO 04

CONSIDERAÇÕES FINAIS

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos objetivos definidos nesse trabalho, buscando avaliar a presença de interação genótipos x ambientes em quatro ambientes de cultivo de *Eucalyptus* no Rio Grande do Sul e ainda verificar a adaptabilidade de diferentes clones de híbridos de *Eucalyptus* a essa região, conclui-se que existe interação genótipos x ambientes do tipo complexa nessa região.

Os ambientes Cambará e Fortaleza apresentam alta correlação genética entre si, porém foi observada baixa correlação genética na combinação desses ambientes, com os ambientes Capivara e São João. Dessa maneira, é importante que esses diferentes ambientes produtivos sejam considerados no programa de melhoramento florestal da empresa, bem como três "unidades de produção" para recomendação de clones devem ser observadas.

A análise de estabilidade e adaptabilidade proporcionou ganhos importantes em relação a seleção conjunta pelo ordenamento de valores genotípicos entre os ambientes. Principalmente, houve aumento do ganho genético em relação ao clone utilizado atualmente para plantio comercial, que foi utilizado como testemunha.

A agregação de qualidade da madeira, através do caráter IMApeso interfere no ordenamento de clones em comparação com o ordenamento somente pelo caráter volume. Esses resultados demonstram que a seleção pelo índice de IMApeso deve ser agregado ao processo de seleção de clones.

Para o ambiente Fortaleza, que apresentou a menor produtividade florestal, destacou-se um híbrido com pouca tradição de uso no Brasil: *E. grandis* x *E. kirtoniana* (*E. robusta* x *E. tereticornis*).

Os cruzamentos híbridos formados por três espécies (three cross), apresentaram-se nas melhores posições do ordenamento, apresentando-se com maior adaptabilidade as condições edafoclimáticas dos ambientes avaliados.

Esses resultados levam a considerar dentro do programa de melhoramento florestal a produção de materiais genéticos oriundos do

cruzamento entre três ou mais espécies, para aumentar a produção florestal no Rio Grande do Sul.

Por exemplo, um programa de melhoramento genético pode ser conduzido através de Seleção Recorrente Recíproca entre Populações Sintéticas Multi-Espécies (SRR-PSME).

Dessa maneira, tem-se a possibilidade de combinar em um único indivíduo alelos importantes para as condições edafoclimáticas da região, por exemplo pode-se trabalhar uma população sintética multi-espécie baseada nas seguintes espécies: *E. grandis* (crescimento); *E. benthamii* (resistência a geadas); *E. kirtoniana* (resistência ao encharcamento); *E. urophylla* (enraizamento); *E. camaldulensis* (resistência ao déficit hídrico) e *E. globulus* (qualidade da madeira para celulose).

APÊNDICES

APÊNDICES

TABELA 1 - ORDENAMENTO DE VALORES GENOTÍPICOS, NA MÉDIA DOS AMBIENTES, PARA O CARÁTER PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO DA AGULHA DO PILODYN (mm).

Média geral: 18,3

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
1	6891	-5,766	12,6
2	37346	-5,681	12,7
3	37387	-5,528	12,8
4	39821	-5,436	12,9
5	39465	-5,43	12,9
6	20643	-5,137	13,2
7	39621	-4,987	13,4
8	39452	-4,962	13,4
9	38623	-4,837	13,5
10	39781	-4,681	13,7
11	39071	-4,652	13,7
12	38624	-4,532	13,8
13	39668	-4,428	13,9
14	39402	-4,419	13,9
15	38879	-4,384	14,0
16	39313	-4,378	14,0
17	20677	-4,357	14,0
18	39674	-4,26	14,1
19	39314	-4,255	14,1
20	39670	-4,252	14,1
21	36061	-4,195	14,2
22	6061	-4,137	14,2
23	39677	-4,131	14,2
24	39776	-4,109	14,2
25	39734	-4,098	14,3
26	39923	-4,093	14,3
27	39626	-4,037	14,3
28	39549	-4,024	14,3

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
29	38629	-3,967	14,4
30	39534	-3,943	14,4
31	39392	-3,915	14,4
32	39312	-3,905	14,4
33	39636	-3,902	14,4
34	39479	-3,808	14,5
35	38939	-3,806	14,5
36	39417	-3,783	14,6
37	39627	-3,747	14,6
38	11531	-3,676	14,7
39	6900	-3,644	14,7
40	37410	-3,637	14,7
41	39752	-3,601	14,7
42	6161	-3,551	14,8
43	39788	-3,545	14,8
44	38626	-3,527	14,8
45	39690	-3,521	14,8
46	39774	-3,466	14,9
47	37397	-3,413	14,9
48	39749	-3,41	14,9
49	39130	-3,408	14,9
50	35842	-3,366	15,0
51	32949	-3,342	15,0
52	39043	-3,299	15,1
53	11551	-3,261	15,1
54	39542	-3,201	15,1
55	39090	-3,198	15,2
56	36190	-3,187	15,2
57	34039	-3,183	15,2
58	39625	-3,176	15,2
59	39471	-3,174	15,2
60	39410	-3,145	15,2
61	39383	-3,139	15,2
62	39656	-3,106	15,2

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
63	39745	-3,102	15,2
64	39634	-3,089	15,3
65	39596	-3,088	15,3
66	39738	-3,084	15,3
67	39488	-3,077	15,3
68	39707	-3,068	15,3
69	39168	-3,066	15,3
70	39660	-3,053	15,3
71	39785	-3,048	15,3
72	38863	-3,04	15,3
73	39276	-3,034	15,3
74	37943	-3,019	15,3
75	38842	-2,94	15,4
76	39853	-2,938	15,4
77	20633	-2,919	15,4
78	39753	-2,887	15,5
79	38802	-2,865	15,5
80	39912	-2,85	15,5
81	39517	-2,83	15,5
82	39541	-2,817	15,5
83	38875	-2,801	15,5
84	39744	-2,791	15,6
85	39561	-2,787	15,6
86	39185	-2,786	15,6
87	39575	-2,744	15,6
88	11535	-2,742	15,6
89	39027	-2,741	15,6
90	11566	-2,683	15,7
91	39721	-2,651	15,7
92	39750	-2,628	15,7
93	39771	-2,616	15,7
94	39291	-2,58	15,8
95	39352	-2,565	15,8
96	39091	-2,565	15,8

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
97	39632	-2,555	15,8
98	38944	-2,538	15,8
99	6190	-2,53	15,8
100	39741	-2,525	15,8
101	39021	-2,516	15,8
102	39921	-2,511	15,8
103	32864	-2,505	15,8
104	39886	-2,48	15,9
105	39775	-2,477	15,9
106	39620	-2,458	15,9
107	39274	-2,456	15,9
108	39731	-2,453	15,9
109	39778	-2,45	15,9
110	39393	-2,449	15,9
111	39804	-2,439	15,9
112	39772	-2,433	15,9
113	39221	-2,428	15,9
114	38963	-2,417	15,9
115	38889	-2,41	15,9
116	37423	-2,391	16,0
117	39406	-2,385	16,0
118	39756	-2,36	16,0
119	39292	-2,357	16,0
120	39492	-2,33	16,0
121	39420	-2,329	16,0
122	39502	-2,318	16,0
123	39398	-2,263	16,1
124	39125	-2,248	16,1
125	39742	-2,246	16,1
126	39706	-2,244	16,1
127	39684	-2,234	16,1
128	39655	-2,226	16,1
129	36260	-2,202	16,1
130	35848	-2,2	16,2

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
131	39600	-2,198	16,2
132	20600	-2,194	16,2
133	39649	-2,194	16,2
134	39568	-2,171	16,2
135	38627	-2,167	16,2
136	38943	-2,163	16,2
137	39482	-2,158	16,2
138	39321	-2,148	16,2
139	39095	-2,145	16,2
140	39309	-2,143	16,2
141	37949	-2,14	16,2
142	39826	-2,131	16,2
143	39735	-2,124	16,2
144	39445	-2,115	16,2
145	39143	-2,113	16,2
146	38899	-2,106	16,2
147	39390	-2,104	16,2
148	11512	-2,097	16,3
149	39659	-2,075	16,3
150	39204	-2,073	16,3
151	39153	-2,067	16,3
152	39472	-2,06	16,3
153	39198	-2,047	16,3
154	6808	-2,034	16,3
155	39214	-2,033	16,3
156	39489	-1,996	16,4
157	39589	-1,974	16,4
158	39505	-1,952	16,4
159	39403	-1,948	16,4
160	39811	-1,937	16,4
161	39473	-1,923	16,4
162	6260	-1,921	16,4
163	39510	-1,921	16,4
164	39407	-1,904	16,4

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
165	38860	-1,898	16,5
166	39769	-1,885	16,5
167	39871	-1,86	16,5
168	39102	-1,859	16,5
169	39552	-1,858	16,5
170	37591	-1,85	16,5
171	38904	-1,846	16,5
172	11509	-1,835	16,5
173	39155	-1,815	16,5
174	39490	-1,812	16,5
175	38836	-1,81	16,5
176	39412	-1,81	16,5
177	39396	-1,807	16,5
178	39441	-1,799	16,6
179	39358	-1,797	16,6
180	39499	-1,788	16,6
181	39470	-1,783	16,6
182	6815	-1,747	16,6
183	39424	-1,738	16,6
184	39366	-1,738	16,6
185	39369	-1,721	16,6
186	39341	-1,718	16,6
187	11483	-1,714	16,6
188	39147	-1,698	16,7
189	11587	-1,677	16,7
190	39812	-1,675	16,7
191	39691	-1,673	16,7
192	38862	-1,67	16,7
193	38873	-1,656	16,7
194	38859	-1,657	16,7
195	39685	-1,656	16,7
196	39762	-1,652	16,7
197	39075	-1,643	16,7
198	39768	-1,634	16,7

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
199	39146	-1,633	16,7
200	38864	-1,63	16,7
201	39791	-1,619	16,7
202	39779	-1,592	16,8
203	39197	-1,592	16,8
204	39884	-1,588	16,8
205	39643	-1,567	16,8
206	39202	-1,555	16,8
207	39899	-1,554	16,8
208	20571	-1,55	16,8
209	39918	-1,526	16,8
210	38851	-1,518	16,8
211	39522	-1,513	16,8
212	39438	-1,51	16,8
213	39099	-1,502	16,8
214	39447	-1,484	16,9
215	39310	-1,476	16,9
216	39401	-1,456	16,9
217	39913	-1,454	16,9
218	39040	-1,444	16,9
219	39220	-1,432	16,9
220	38852	-1,426	16,9
221	38887	-1,422	16,9
222	39641	-1,42	16,9
223	39439	-1,415	16,9
224	39461	-1,408	16,9
225	39777	-1,405	16,9
226	39385	-1,389	17,0
227	39070	-1,381	17,0
228	39354	-1,369	17,0
229	38853	-1,364	17,0
230	39453	-1,364	17,0
231	39353	-1,362	17,0
232	39363	-1,349	17,0

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
233	39644	-1,349	17,0
234	39243	-1,333	17,0
235	39909	-1,327	17,0
236	38872	-1,313	17,0
237	39523	-1,305	17,0
238	39394	-1,295	17,1
239	36304	-1,293	17,1
240	39233	-1,279	17,1
241	39404	-1,276	17,1
242	39513	-1,274	17,1
243	39077	-1,267	17,1
244	38895	-1,264	17,1
245	39712	-1,255	17,1
246	39709	-1,254	17,1
247	39395	-1,245	17,1
248	39661	-1,244	17,1
249	38850	-1,23	17,1
250	38977	-1,229	17,1
251	39498	-1,227	17,1
252	39113	-1,222	17,1
253	39131	-1,187	17,2
254	39784	-1,186	17,2
255	38915	-1,179	17,2
256	39050	-1,166	17,2
257	39736	-1,16	17,2
258	39560	-1,158	17,2
259	39527	-1,154	17,2
260	39597	-1,146	17,2
261	39134	-1,112	17,2
262	39079	-1,111	17,2
263	39162	-1,106	17,2
264	39038	-1,105	17,2
265	39475	-1,104	17,2
266	38956	-1,083	17,3

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
267	39119	-1,081	17,3
268	39920	-1,072	17,3
269	39681	-1,059	17,3
270	20527	-1,048	17,3
271	38942	-1,039	17,3
272	39051	-1,022	17,3
273	38903	-1,008	17,3
274	39487	-1,006	17,3
275	38849	-1,006	17,3
276	39391	-0,998	17,4
277	11588	-0,996	17,4
278	39500	-0,991	17,4
279	39687	-0,988	17,4
280	39464	-0,983	17,4
281	6304	-0,982	17,4
282	39664	-0,976	17,4
283	39477	-0,974	17,4
284	39711	-0,971	17,4
285	39142	-0,965	17,4
286	39700	-0,953	17,4
287	39422	-0,952	17,4
288	39869	-0,945	17,4
289	39890	-0,934	17,4
290	39704	-0,92	17,4
291	39000	-0,903	17,4
292	35878	-0,892	17,5
293	39623	-0,886	17,5
294	39743	-0,877	17,5
295	39815	-0,875	17,5
296	39474	-0,867	17,5
297	38871	-0,865	17,5
298	38620	-0,863	17,5
299	37241	-0,858	17,5
300	38912	-0,854	17,5

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
301	39467	-0,854	17,5
302	20575	-0,852	17,5
303	39427	-0,837	17,5
304	38991	-0,825	17,5
305	39880	-0,822	17,5
306	38989	-0,817	17,5
307	39152	-0,815	17,5
308	39144	-0,815	17,5
309	39409	-0,813	17,5
310	39922	-0,811	17,5
311	38936	-0,807	17,5
312	39679	-0,806	17,5
313	39387	-0,804	17,5
314	11505	-0,804	17,5
315	39783	-0,794	17,6
316	39460	-0,79	17,6
317	39514	-0,777	17,6
318	39177	-0,773	17,6
319	39209	-0,749	17,6
320	39219	-0,746	17,6
321	39726	-0,732	17,6
322	39236	-0,73	17,6
323	39758	-0,72	17,6
324	36075	-0,719	17,6
325	39628	-0,718	17,6
326	39789	-0,704	17,6
327	39305	-0,699	17,7
328	39440	-0,697	17,7
329	39083	-0,69	17,7
330	39694	-0,674	17,7
331	38949	-0,666	17,7
332	39537	-0,656	17,7
333	39507	-0,652	17,7
334	39176	-0,641	17,7

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
335	11487	-0,639	17,7
336	38869	-0,635	17,7
337	39230	-0,622	17,7
338	38907	-0,619	17,7
339	39023	-0,61	17,7
340	39140	-0,607	17,7
341	39264	-0,587	17,8
342	39227	-0,586	17,8
343	39251	-0,57	17,8
344	39840	-0,556	17,8
345	39405	-0,552	17,8
346	39089	-0,55	17,8
347	6075	-0,55	17,8
348	39508	-0,534	17,8
349	39599	-0,532	17,8
350	39551	-0,522	17,8
351	39169	-0,52	17,8
352	39454	-0,501	17,8
353	39469	-0,498	17,9
354	39663	-0,489	17,9
355	39139	-0,488	17,9
356	39503	-0,482	17,9
357	39792	-0,478	17,9
358	39012	-0,473	17,9
359	39128	-0,453	17,9
360	38861	-0,45	17,9
361	39045	-0,449	17,9
362	39297	-0,448	17,9
363	39876	-0,447	17,9
364	39532	-0,442	17,9
365	39241	-0,441	17,9
366	38924	-0,437	17,9
367	38876	-0,418	17,9
368	39919	-0,397	18,0

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
369	38914	-0,377	18,0
370	38938	-0,377	18,0
371	39515	-0,363	18,0
372	39170	-0,359	18,0
373	39215	-0,357	18,0
374	38840	-0,349	18,0
375	39217	-0,344	18,0
376	39425	-0,342	18,0
377	38835	-0,335	18,0
378	38918	-0,333	18,0
379	39361	-0,331	18,0
380	39061	-0,327	18,0
381	38928	-0,32	18,0
382	38917	-0,306	18,0
383	39450	-0,3	18,1
384	39915	-0,297	18,1
385	39606	-0,28	18,1
386	39355	-0,27	18,1
387	39629	-0,27	18,1
388	38874	-0,261	18,1
389	38841	-0,252	18,1
390	39819	-0,247	18,1
391	38843	-0,242	18,1
392	38996	-0,235	18,1
393	38905	-0,227	18,1
394	39247	-0,225	18,1
395	39074	-0,223	18,1
396	39205	-0,221	18,1
397	39686	-0,206	18,1
398	39154	-0,184	18,2
399	39903	-0,183	18,2
400	39073	-0,181	18,2
401	39082	-0,168	18,2
402	39411	-0,163	18,2

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
403	39231	-0,158	18,2
404	39280	-0,156	18,2
405	39367	-0,155	18,2
406	39288	-0,154	18,2
407	39340	-0,146	18,2
408	39710	-0,145	18,2
409	39701	-0,144	18,2
410	39277	-0,144	18,2
411	39512	-0,141	18,2
412	39770	-0,135	18,2
413	39423	-0,123	18,2
414	39764	-0,122	18,2
415	39137	-0,12	18,2
416	39754	-0,114	18,2
417	38916	-0,109	18,2
418	39558	-0,106	18,2
419	38925	-0,104	18,2
420	39557	-0,103	18,2
421	39426	-0,097	18,3
422	39476	-0,09	18,3
423	39588	-0,089	18,3
424	39265	-0,082	18,3
425	39283	-0,082	18,3
426	39242	-0,081	18,3
427	39699	-0,075	18,3
428	39431	-0,045	18,3
429	39430	-0,04	18,3
430	39553	-0,036	18,3
431	38971	-0,025	18,3
432	39149	-0,021	18,3
433	39211	-0,017	18,3
434	39226	-0,017	18,3
435	39222	-0,016	18,3
436	39493	-0,013	18,3

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
437	39519	-0,008	18,3
438	39145	-0,004	18,3
439	39042	-0,003	18,3
440	39916	0,0046	18,4
441	38858	0,0069	18,4
442	38969	0,0087	18,4
443	39484	0,0133	18,4
444	39148	0,019	18,4
445	39200	0,024	18,4
446	39882	0,0378	18,4
447	39751	0,0402	18,4
448	38880	0,0463	18,4
449	39847	0,0478	18,4
450	38959	0,0517	18,4
451	39408	0,0678	18,4
452	39115	0,0686	18,4
453	38945	0,0708	18,4
454	39067	0,0729	18,4
455	38848	0,0848	18,4
456	39814	0,1045	18,5
457	39279	0,1046	18,5
458	39213	0,1183	18,5
459	39278	0,1271	18,5
460	39459	0,1345	18,5
461	39582	0,1352	18,5
462	39875	0,1362	18,5
463	39617	0,159	18,5
464	39078	0,172	18,5
465	39733	0,1858	18,5
466	39018	0,1865	18,5
467	39448	0,1901	18,5
468	39428	0,194	18,5
469	39892	0,1942	18,5
470	39463	0,1965	18,5

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
471	39926	0,1999	18,5
472	39413	0,2148	18,6
473	38910	0,2148	18,6
474	39645	0,2153	18,6
475	38846	0,2249	18,6
476	39615	0,225	18,6
477	39032	0,2292	18,6
478	38901	0,2355	18,6
479	39571	0,2452	18,6
480	38855	0,2593	18,6
481	39747	0,2618	18,6
482	38958	0,266	18,6
483	39421	0,28	18,6
484	39261	0,2989	18,6
485	38951	0,3027	18,7
486	39610	0,3028	18,7
487	39343	0,3142	18,7
488	39189	0,315	18,7
489	39117	0,3166	18,7
490	39228	0,3169	18,7
491	39678	0,3246	18,7
492	39569	0,3284	18,7
493	39653	0,3401	18,7
494	39157	0,3408	18,7
495	39210	0,3454	18,7
496	38856	0,3482	18,7
497	39382	0,3513	18,7
498	38994	0,3628	18,7
499	39895	0,3688	18,7
500	39491	0,3716	18,7
501	38954	0,373	18,7
502	39212	0,3802	18,7
503	38866	0,3804	18,7
504	39449	0,3809	18,7

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
505	38957	0,3827	18,7
506	39044	0,3871	18,7
507	20530	0,3991	18,7
508	39019	0,4104	18,8
509	39344	0,4115	18,8
510	39497	0,4137	18,8
511	38946	0,4152	18,8
512	39444	0,4167	18,8
513	39429	0,4175	18,8
514	38839	0,4247	18,8
515	39339	0,4494	18,8
516	39290	0,4511	18,8
517	39713	0,4566	18,8
518	39122	0,4581	18,8
519	39085	0,4635	18,8
520	39342	0,472	18,8
521	39035	0,473	18,8
522	39864	0,4857	18,8
523	39063	0,5057	18,9
524	39443	0,5234	18,9
525	39578	0,5265	18,9
526	6762	0,5275	18,9
527	39284	0,5436	18,9
528	39300	0,5618	18,9
529	39311	0,5655	18,9
530	39647	0,5811	18,9
531	39240	0,5952	18,9
532	38881	0,6103	19,0
533	38886	0,618	19,0
534	38847	0,6312	19,0
535	39308	0,6492	19,0
536	39017	0,6649	19,0
537	39179	0,6763	19,0
538	39504	0,6848	19,0

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
539	39048	0,6898	19,0
540	39287	0,6906	19,0
541	39066	0,6995	19,0
542	39216	0,7066	19,1
543	39436	0,716	19,1
544	39399	0,7171	19,1
545	39101	0,7308	19,1
546	39301	0,7412	19,1
547	39665	0,746	19,1
548	39587	0,7536	19,1
549	39554	0,756	19,1
550	38865	0,7582	19,1
551	39333	0,7612	19,1
552	39642	0,7628	19,1
553	39322	0,7659	19,1
554	39550	0,7777	19,1
555	39902	0,7862	19,1
556	39335	0,7978	19,1
557	39614	0,798	19,1
558	39182	0,8004	19,2
559	39118	0,8032	19,2
560	38987	0,8144	19,2
561	39127	0,8202	19,2
562	39602	0,8348	19,2
563	39299	0,8354	19,2
564	39435	0,842	19,2
565	39356	0,8572	19,2
566	39320	0,8674	19,2
567	39654	0,8704	19,2
568	38878	0,8747	19,2
569	38885	0,8798	19,2
570	39605	0,8975	19,2
571	39494	0,9041	19,3
572	39225	0,9318	19,3

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
573	39096	0,9387	19,3
574	39878	0,9481	19,3
575	39630	0,9507	19,3
576	38857	0,9633	19,3
577	38990	0,975	19,3
578	39346	0,9798	19,3
579	39201	0,9804	19,3
580	39573	1,0234	19,4
581	38997	1,0345	19,4
582	39365	1,0444	19,4
583	39893	1,0445	19,4
584	39330	1,049	19,4
585	39688	1,064	19,4
586	39338	1,073	19,4
587	39434	1,0833	19,4
588	39256	1,0876	19,4
589	39371	1,0961	19,4
590	39252	1,0981	19,4
591	38934	1,104	19,5
592	39174	1,1059	19,5
593	39539	1,124	19,5
594	39056	1,1312	19,5
595	39158	1,1347	19,5
596	39351	1,1419	19,5
597	39547	1,1425	19,5
598	39255	1,1574	19,5
599	38922	1,1627	19,5
600	39900	1,1666	19,5
601	39635	1,1675	19,5
602	39540	1,1714	19,5
603	39386	1,1802	19,5
604	39433	1,1825	19,5
605	39011	1,1888	19,5
606	39538	1,1923	19,5

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
607	39468	1,193	19,5
608	39817	1,203	19,6
609	39141	1,2185	19,6
610	39064	1,2225	19,6
611	38955	1,2372	19,6
612	39014	1,2475	19,6
613	39088	1,255	19,6
614	38061	1,2671	19,6
615	38921	1,2806	19,6
616	39133	1,2958	19,6
617	39483	1,3087	19,7
618	39518	1,3126	19,7
619	39068	1,3235	19,7
620	39055	1,328	19,7
621	39105	1,3467	19,7
622	39156	1,3521	19,7
623	39103	1,3578	19,7
624	38988	1,3581	19,7
625	39624	1,3608	19,7
626	39765	1,362	19,7
627	39081	1,3811	19,7
628	11511	1,4016	19,8
629	39235	1,4052	19,8
630	39293	1,4143	19,8
631	39883	1,4164	19,8
632	38978	1,4193	19,8
633	39005	1,4202	19,8
634	38883	1,4264	19,8
635	39036	1,4269	19,8
636	39129	1,4371	19,8
637	39100	1,4518	19,8
638	39138	1,4607	19,8
639	38868	1,4614	19,8
640	39248	1,4679	19,8

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
641	39376	1,4734	19,8
642	39841	1,4744	19,8
643	38854	1,4952	19,8
644	39325	1,5007	19,9
645	39594	1,5041	19,9
646	39927	1,5156	19,9
647	39136	1,5232	19,9
648	38935	1,5238	19,9
649	39378	1,5265	19,9
650	39072	1,5478	19,9
651	38979	1,5593	19,9
652	39852	1,5604	19,9
653	39207	1,5682	19,9
654	39049	1,577	19,9
655	39593	1,5831	19,9
656	39259	1,5958	19,9
657	20625	1,627	20,0
658	39586	1,6315	20,0
659	38902	1,6365	20,0
660	39888	1,6387	20,0
661	38995	1,6474	20,0
662	38973	1,6557	20,0
663	38976	1,6602	20,0
664	39868	1,6671	20,0
665	39567	1,674	20,0
666	39058	1,6745	20,0
667	39030	1,6837	20,0
668	39238	1,6989	20,0
669	39258	1,699	20,0
670	39565	1,7057	20,1
671	39094	1,722	20,1
672	38906	1,7287	20,1
673	39867	1,7393	20,1
674	39591	1,7722	20,1

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
675	39692	1,777	20,1
676	39546	1,7781	20,1
677	38985	1,7831	20,1
678	39603	1,7845	20,1
679	39025	1,7866	20,1
680	39331	1,7915	20,1
681	38913	1,8049	20,2
682	39466	1,8115	20,2
683	38999	1,8135	20,2
684	39237	1,8242	20,2
685	39267	1,8244	20,2
686	38993	1,832	20,2
687	39416	1,8344	20,2
688	38937	1,8369	20,2
689	39577	1,8397	20,2
690	39084	1,847	20,2
691	39010	1,8526	20,2
692	38947	1,8608	20,2
693	39183	1,8818	20,2
694	38967	1,9015	20,3
695	39263	1,9131	20,3
696	38877	1,9239	20,3
697	39705	1,9299	20,3
698	39559	1,9346	20,3
699	39232	1,9423	20,3
700	39379	1,9478	20,3
701	39375	1,9878	20,3
702	39524	1,9911	20,3
703	39760	1,994	20,3
704	39360	2,0143	20,4
705	39870	2,0242	20,4
706	39195	2,0263	20,4
707	11590	2,0533	20,4
708	38908	2,0795	20,4

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
709	39585	2,0832	20,4
710	39181	2,1058	20,5
711	39108	2,1203	20,5
712	39190	2,1345	20,5
713	39319	2,137	20,5
714	38968	2,1382	20,5
715	38980	2,1595	20,5
716	39592	2,1678	20,5
717	39662	2,1689	20,5
718	39184	2,1721	20,5
719	39801	2,1768	20,5
720	39062	2,1775	20,5
721	39637	2,1979	20,5
722	39092	2,1995	20,5
723	39046	2,2254	20,6
724	39126	2,2391	20,6
725	39924	2,2392	20,6
726	39370	2,2535	20,6
727	39530	2,2569	20,6
728	39622	2,276	20,6
729	38890	2,2862	20,6
730	39166	2,2885	20,6
731	39545	2,289	20,6
732	39246	2,2913	20,6
733	39059	2,3181	20,7
734	39020	2,3221	20,7
735	39581	2,325	20,7
736	39069	2,342	20,7
737	38870	2,3658	20,7
738	39458	2,3665	20,7
739	39097	2,3684	20,7
740	39004	2,3727	20,7
741	39767	2,378	20,7
742	38948	2,3893	20,7

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
743	38986	2,4048	20,8
744	39257	2,4221	20,8
745	38897	2,4452	20,8
746	39026	2,4516	20,8
747	39001	2,4572	20,8
748	39160	2,4675	20,8
749	39054	2,477	20,8
750	39275	2,481	20,8
751	39389	2,4878	20,8
752	39619	2,4929	20,8
753	39556	2,4941	20,8
754	39651	2,5021	20,9
755	39702	2,5037	20,9
756	39086	2,5054	20,9
757	39180	2,5097	20,9
758	39173	2,5212	20,9
759	39703	2,5256	20,9
760	39028	2,5338	20,9
761	38909	2,5654	20,9
762	39773	2,5664	20,9
763	39372	2,5699	20,9
764	39598	2,57	20,9
765	39682	2,5711	20,9
766	38929	2,6097	21,0
767	38837	2,6105	21,0
768	38838	2,6161	21,0
769	39132	2,627	21,0
770	39543	2,6327	21,0
771	39106	2,6535	21,0
772	39533	2,6637	21,0
773	39123	2,6709	21,0
774	39696	2,6719	21,0
775	39323	2,683	21,0
776	38882	2,6915	21,0

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
777	39008	2,6941	21,0
778	39022	2,6993	21,0
779	38900	2,7133	21,1
780	38891	2,7409	21,1
781	39374	2,7557	21,1
782	39304	2,7624	21,1
783	39350	2,763	21,1
784	39601	2,7655	21,1
785	39380	2,7663	21,1
786	39029	2,7863	21,1
787	38923	2,7894	21,1
788	39007	2,8104	21,2
789	39031	2,8203	21,2
790	38927	2,829	21,2
791	39364	2,8633	21,2
792	39563	2,8661	21,2
793	39060	2,8685	21,2
794	39911	2,8756	21,2
795	39253	2,8762	21,2
796	39171	2,9394	21,3
797	39529	2,9428	21,3
798	39357	2,9707	21,3
799	39373	3,0798	21,4
800	39121	3,0872	21,4
801	39797	3,093	21,4
802	38982	3,0934	21,4
803	38953	3,1296	21,5
804	39887	3,1412	21,5
805	39329	3,1426	21,5
806	39307	3,1672	21,5
807	38893	3,2336	21,6
808	39574	3,2606	21,6
809	39111	3,267	21,6
810	39680	3,2851	21,6

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
811	39006	3,2854	21,6
812	39037	3,3122	21,7
813	38911	3,3438	21,7
814	38992	3,3518	21,7
815	39186	3,3915	21,7
816	39268	3,4129	21,8
817	39925	3,4202	21,8
818	39282	3,4561	21,8
819	39336	3,4601	21,8
820	39191	3,4863	21,8
821	38975	3,4933	21,8
822	39324	3,4963	21,8
823	38896	3,5179	21,9
824	39511	3,5232	21,9
825	38930	3,5389	21,9
826	39631	3,5532	21,9
827	39613	3,5984	21,9
828	39576	3,6318	22,0
829	39016	3,6427	22,0
830	39262	3,652	22,0
831	38926	3,6668	22,0
832	39165	3,6858	22,0
833	39368	3,7081	22,1
834	39087	3,7178	22,1
835	38940	3,7499	22,1
836	39281	3,7842	22,1
837	38984	3,8009	22,2
838	39193	3,8198	22,2
839	38981	3,8673	22,2
840	39124	3,8697	22,2
841	39381	3,9221	22,3
842	39286	3,9708	22,3
843	39034	3,9856	22,3
844	39595	4,0581	22,4

ORDEM	GENÓTIPO	g	u + g
845	39800	4,0593	22,4
846	39151	4,0792	22,4
847	38961	4,0929	22,4
848	38972	4,1192	22,5
849	38898	4,2663	22,6
850	39334	4,2931	22,6
851	39362	4,3096	22,7
852	39384	4,3483	22,7
853	39003	4,3562	22,7
854	38966	4,3719	22,7
855	38970	4,4352	22,8
856	39296	4,4411	22,8
857	39002	4,5904	22,9
858	39196	4,6742	23,0
859	39167	4,8791	23,2
860	39327	5,0798	23,4
861	39531	5,3236	23,7
862	39052	5,3874	23,7
863	39377	5,4788	23,8
864	39161	5,7687	24,1