

Potencial de híbridos entre clones-elite de eucalipto por meio de marcadores microssatélites

Marcelo Sfeir de Aguiar⁽¹⁾, Daniel Furtado Ferreira⁽²⁾, Aurélio Mendes Aguiar⁽³⁾, Odair Bison⁽⁴⁾, Gabriel Dehon Sampaio Peçanha Rezende⁽⁵⁾ e Dario Grattapaglia⁽⁶⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras (Ufla), Dep. de Biologia, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: aguiarms@hotmail.com
⁽²⁾Ufla, Dep. de Exatas. E-mail: danielff85@ufla.br ⁽³⁾Aracruz Celulose, Rua São Geraldo, 1800, CEP 92500-000 Guaíba, RS. E-mail: amendes@aracruz.com.br ⁽⁴⁾Sementes Adriana, Rod. BR 364, Km 94, CEP 78770-000 Alto Garças, MT. E-mail: odairbison@terra.com.br
⁽⁵⁾Aracruz Celulose, Rod. Aracruz, Barra do Riacho, s/nº, CEP 29197-900 Aracruz, ES. E-mail: gdr@aracruz.com.br ⁽⁶⁾Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Pq. Estação Biológica, Av. W3 Norte, Caixa Postal 02372, CEP 70770-900 Brasília, DF. E-mail: dario@cenargen.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial dos marcadores microssatélites em prever o comportamento dos híbridos entre clones-elite de eucalipto da empresa Aracruz Celulose. Foram utilizados 21 clones-elite, cruzados conforme o esquema de diallelo balanceado. Os 137 híbridos obtidos, além dos 21 pais e 11 híbridos repetidos, foram avaliados em três locais: Aracruz, São Mateus e Caravelas, em delineamento de blocos incompletos 13x13 com 40 repetições. As parcelas foram constituídas de uma planta, espaçadas 3x3 m. Os caracteres circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira foram avaliados aos dois anos de idade. Os dados foram submetidos à análise dialélica e, posteriormente, foi obtida a correlação entre a divergência genética dos genitores, obtida por meio dos marcadores microssatélites, e as estimativas dos parâmetros do diallelo. A divergência genética apresentou coeficientes de correlação significativos apenas com a capacidade específica de combinação para CAP e com a média dos híbridos para CAP. A predição por meio de marcadores microssatélites possui baixa precisão para poder ser utilizada em substituição aos cruzamentos dialélicos.

Termos para indexação: *Eucalyptus*, análise diallelo, divergência genética, melhoramento genético.

Potential of hybrids among elite clones of eucalypt by microsatellite markers

Abstract – The objective of this work was to evaluate the potential of microsatellite markers to predict the performance of hybrids among elite clones of eucalypt from Aracruz Celulose. Twenty one elite clones were crossed in a full-diallel mating scheme. One hundred and thirty seven hybrids, 21 parents and 11 repeated hybrids were evaluated in three sites: Aracruz, São Mateus and Caravelas, in an experimental design of incomplete blocks 13x13 with 40 replicates, comprising single plant plot and spaced 3x3 m. The characters evaluated were the circumference at breast height (CBH) and the wood basic density, two years after the planting. Means were submitted to diallel analysis and, later, the correlation between the genetic divergence of parents by microsatellite markers and the estimative of diallel parameters were obtained. The genetic divergence was correlated with the specific combining ability to CBH height and with the means of hybrids to the same character. The other coefficients of correlation with the genetic divergence were not significantly different from zero. The prediction by microsatellite markers is of little accuracy to be utilized in place of diallel estimates.

Index terms: *Eucalyptus*, diallel analysis, genetic divergence, genetic improvement.

Introdução

No Brasil, o melhoramento genético do eucalipto alcançou enorme sucesso, e contribuiu para o expressivo aumento da produtividade de celulose e carvão. Entretanto, para se continuar obtendo resultados adicionais no melhoramento genético é preciso utilizar

novas estratégias (Gonçalves et al., 2001). Uma delas é o emprego de marcadores moleculares para auxiliar o melhorista na escolha dos cruzamentos a serem realizados.

Em programas de melhoramento florestal, independentemente da espécie, os cruzamentos controlados são geralmente caros, consomem tempo e

exigem pessoal treinado e área para a realização (Grattapaglia, 2001). Apesar dos recentes desenvolvimentos de técnicas mais rápidas e baratas para a realização dos cruzamentos, a obtenção de um grande número de cruzamentos controlados em eucaliptos ainda é um fator limitante em vários programas de melhoramento. Com o uso dos marcadores moleculares vislumbra-se a possibilidade de prever com precisão o desempenho da progênie, baseando-se em estimativas de divergência genética entre genitores (Grattapaglia, 2001).

Entre os marcadores moleculares existentes, os microssatélites ou SSR vêm sendo amplamente utilizados no melhoramento vegetal por apresentarem maior conteúdo informativo. Os marcadores microssatélites se distinguem dos demais por serem abundantes, estarem distribuídos por todo o genoma, apresentarem polimorfismo do tipo codominante, serem de natureza multialélica, necessitarem de pequenas quantidades de DNA e poderem ser transferíveis entre espécies de um mesmo gênero (Grattapaglia, 2001).

Vários trabalhos têm sido feitos com o objetivo de prever o desempenho dos híbridos por meio da genotipagem dos seus genitores. Os resultados encontrados ainda são bastante inconsistentes quanto à eficiência da predição do desempenho dos híbridos por meio de marcadores moleculares (Amorim, 2005).

Em culturas anuais, estudos para estimar a correlação entre heterose nos híbridos F_1 e as distâncias genéticas entre genitores, para a utilização como preditores do comportamento híbrido, têm sido realizados em diversas culturas anuais como tomate (Maluf & Ferreira, 1983), milho (Ajmone Marsan et al., 1998; Amorim, 2005), feijão (Duarte et al., 1999), arroz (Lorençetti et al., 2006). Em culturas perenes, no entanto, informações a esse respeito ainda são escassas (Vaillancourt et al., 1995; Baril et al., 1997). Com relação à predição do desempenho de híbridos utilizando-se marcadores do tipo microssatélite, não foi encontrado nenhum estudo sobre a cultura de eucaliptos.

O objetivo deste trabalho foi prever o comportamento de híbridos oriundos dos cruzamentos entre clones-elite de eucalipto da Aracruz Celulose, com base em estimativas da distância genética entre os genitores a partir de dados de marcadores microssatélites e estudar a capacidade de combinação desses clones por meio de cruzamentos dialélicos.

Material e Métodos

A obtenção dos híbridos envolveu o cruzamento entre 21 clones-elite da Empresa Aracruz Celulose S.A., que

eram híbridos naturais ou de polinização controlada envolvendo *E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla*. *E. saligna* foi o progenitor materno dos clones 5, 9, 10 e 15; *E. urophylla*, dos clones 11, 17 e 20; e *E. grandis*, dos demais clones. Todos eram provenientes de Rio Claro, SP, à exceção dos clones 18, 19 e 20, que tinham procedência desconhecida. Os 21 clones-elite foram cruzados seguindo o esquema de dialélio balanceado com a presença apenas dos híbridos F_1 , de acordo com o método proposto por Griffing (1956), classificado como método 4.

Foram obtidos 137 híbridos, dos 210 possíveis. Esse menor número de híbridos justifica-se por dificuldade na obtenção dos cruzamentos causadas por diferença no momento do florescimento. Os 137 híbridos e os 21 pais foram avaliados no delineamento experimental de blocos incompletos em três locais: Aracruz, ES, São Mateus, ES, e Caravelas, BA. Para isso foi utilizado um sorteio de látice 13x13 com 40 repetições. Os 169 tratamentos foram compostos a partir dos 158 tratamentos adicionados de 11 híbridos repetidos. Este artifício foi utilizado para obtenção de um delineamento subótimo em blocos incompletos com 158 tratamentos. As parcelas foram constituídas de uma planta, com o espaçamento entre plantas de 3x3 m.

Os experimentos foram instalados no campo, em agosto e setembro de 2001, e seguiram todas as recomendações sobre adubações e tratamentos culturais que são normalmente adotadas pela Aracruz Celulose S.A. As avaliações foram realizadas dois anos após a implantação dos experimentos, com medições das características circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira (DEN).

Após a realização da análise de variância foi feita a análise dialélica, utilizando o método IV de Griffing (1956). Por meio desse procedimento foram estimados os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC). Os erros associados a essas estimativas foram obtidos conforme relatado por Ramalho et al. (1993).

A fim de verificar a existência de polimorfismo entre os 21 clones-elite de eucalipto, foi realizada a extração de DNA, com o uso de procedimento semelhante ao utilizado por Doyle & Doyle (1990), e reações de PCR com 109 marcadores microssatélites (SSR). Segundo Brondani et al. (2006), esses marcadores fornecem dados mais robustos, estão distribuídos ao longo do genoma, possuem fácil interpretação de alelos e ausência de duplicação.

Dos 21 genitores utilizados, apenas 20 foram genotipados, por problemas na condução do experimento devido à destruição de algumas partes dos campos experimentais por invasores. O genitor não genotipado foi o clone 7. Na obtenção da dissimilaridade genética entre os 20 genitores, os tamanhos de fragmentos em pares de bases dos marcadores do tipo microssatélite foram padronizados utilizando-se o software “Allelobin” (Idury & Cardon, 1997). Esse software utiliza um procedimento de categorização de alelos em classes, definidos com base em quadrados mínimos, para eliminar o problema de padronização com uso de critérios pessoais. Posteriormente, a dissimilaridade genética foi estimada por meio de procedimento baseado em medidas de compartilhamento de alelos com uso do software “Shared Allele Distance” (Jin & Chakraborty, 1993).

A partir da genotipagem dos 20 genitores, por meio dos marcadores microssatélites, foi estimada uma matriz de dissimilaridade genética e, para permitir uma melhor visualização, foi construído um dendrograma pelo método hierárquico aglomerativo da média aritmética entre pares não ponderados (UPGMA), por meio do programa NTSYS – PC 2.0 (Rohlf, 1992). Neste trabalho assumiu-se como ponto de corte a dissimilaridade genética média de 0,14 entre todos os clones, acima do qual os clones eram considerados diferentes.

Para verificar a eficiência dos marcadores em prever o desempenho dos híbridos, com base nas estimativas de divergência genética entre os genitores, foram obtidos os coeficientes de correlação de Pearson entre a divergência genética, capacidade geral e específica de combinação para circunferência à altura do peito (CGC_{CAP} e CEC_{CAP}), capacidade geral e específica de combinação para densidade básica da madeira (CGC_{DEN} e CEC_{DEN}) e a média dos híbridos CAP e DEN.

Resultados e Discussão

As análises de variância por experimento detectaram diferenças significativas entre os híbridos quanto aos caracteres avaliados, e os valores do coeficiente de variação (CV) evidenciaram boa precisão nos experimentos (Andrade, 2002). O resumo da análise conjunta de variância das características avaliadas é apresentado na Tabela 1. Como pode ser observado, as fontes de variação, os locais, os tratamentos e a interação tratamentos x locais foram significativos para as características avaliadas. No desdobramento dos tratamentos, constataram-se diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para os híbridos, clones e híbridos vs. clones.

O mesmo comportamento foi observado quando se fez desdobramento da interação tratamentos x locais (híbridos x locais, clones x locais, híbridos vs. clones x locais). A interação entre clones de eucalipto e ambientes foi verificada em outros estudos (Silveira, 1999; Bison, 2004). Em relação ao contraste híbridos vs. clones (H vs. C), é possível concluir que houve comportamento diferenciado dos tratamentos para CAP e DEN.

Em função de o efeito de clones ter sido significativo, em todas as situações, conclui-se que os clones são diferentes, e apresentam variabilidade entre si. Na comparação da média dos híbridos com a dos clones, os híbridos apresentaram médias significativamente inferiores às dos clones para as características avaliadas.

A análise de variância dos dialelos mostrou que, em todos os casos, o teste F foi significativo a 1% de probabilidade para todas as fontes de variação, o que evidencia a presença de efeitos genéticos aditivos e não-aditivos no controle da CAP e DEN (Tabela 2). Essa significância implica também que o desempenho dos híbridos dependeu tanto da capacidade geral de combinação quanto da capacidade específica de combinação dos genitores. Considerando a análise conjunta verifica-se que para a DEN, a contribuição da capacidade geral de combinação foi de 86% da soma de quadrados atribuídos aos híbridos e apenas 14% para a capacidade específica de combinação. Quanto à circunferência à altura do peito, a contribuição da capacidade geral e específica de combinação foi 57 e 43%, respectivamente (Tabela 2). Esses resultados são

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta para as características circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira (DEN), obtido na avaliação dos cruzamentos dialélicos entre clones-elite, aos dois anos de idade.

Fonte de variação	GL	F	
		CAP	DEN
Locais (L)	2	65,52**	63,13**
Tratamentos	157	25,31**	76,16**
Híbridos (H)	136	25,43**	65,23**
Clones (C)	20	15,74**	150,10**
H vs. C	1	237,48**	49,50**
Tratamentos x locais	314	2,00**	2,08**
H x L	272	1,93**	3,23**
C x L	40	1,44*	4,71**
H vs. C x L	2	28,12**	31,26**
CV(%)	-	18,75	4,22

* e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

semelhantes aos observados por Bison (2004) em um dialelo parcial entre clones-elite com *E. globulus*.

De acordo com esses resultados, o componente genético quadrático da CGC, na análise conjunta, é cerca de 1,4 vez superior ao componente da CEC para a circunferência à altura do peito e cerca de 6,3 vezes superior para a DEN (Tabela 2). A superioridade da contribuição associada à capacidade geral de combinação, quando comparada à capacidade específica de combinação, tanto nas análises individuais quanto na conjunta evidencia que, para os caracteres avaliados, a princípio, há predominância da ação gênica aditiva no controle dos caracteres. Segundo alguns autores, os efeitos de dominância existem e apresentam baixa magnitude para os caracteres de crescimento (Hardner & Potts, 1995; Borralho, 1997; Rezende & Resende, 2000). Rezende & Resende (2000) estimaram a relação entre a variância de dominância e a variância aditiva para o caráter volume de madeira, aos três anos de idade, que foi de 0,2. Já Bouvet & Vigneron (1996) observaram que essa relação foi de 0,6 para o volume de madeira.

Resende (2002) observou que, apesar de aparentemente baixa, a existência de dominância é suficiente para propiciar ligeira vantagem na propagação clonal sobre a sexuada, por permitir a exploração da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores.

Segundo Griffing (1956), a CGC está associada aos efeitos aditivos dos genes, e corresponde ao comportamento médio dos genitores em combinações híbridas. Sendo assim, pode-se afirmar que os genitores que apresentaram as mais altas estimativas de CGC deverão gerar populações com maiores médias. Contudo, apenas a maior média da população não é suficiente para a obtenção de ganhos, uma vez que, se os genitores forem geneticamente semelhantes, a população apresentará

Tabela 2. Resumo da análise dialélica conjunta para as características circunferência à altura do peito (CAP) e densidade básica da madeira (DEN) das combinações híbridas resultantes dos cruzamentos dialélicos entre clones-elite, aos dois anos de idade.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		CAP	DEN
CGC	20	3.559,71**	111.307,57**
CEC	101	530,19**	3.522,50**
CGC x Locais	40	211,02**	7.504,17**
CEC x Locais	202	60,03**	527,33**
Erro	15.000	33,25	307,98

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

variabilidade restrita, o que reduz a chance de seleção de materiais geneticamente superiores. A CEC, por sua vez, está associada aos efeitos não-aditivos dos genes, como dominância e as interações epistáticas, e refere-se ao comportamento da população não explicado pela CGC dos genes, ou seja, ela mede o grau de complementação alélica.

Na análise com marcadores moleculares microssatélites, o número de alelos obtidos foi de 3.992, com média de 37,67 alelos por primer. Kirst et al. (2005), utilizando seis marcadores: EMBRA4, EMBRA5, EMBRA10, EMBRA11, EMBRA15 e EMBRA16, desenvolvidos por Brondani et al. (1998), observaram 119 alelos variando de 6 a 33 alelos por loco, com média de 19,8 alelos por loco em *E. grandis*.

Os resultados da matriz de dissimilaridade genética e do dendrograma (Figura 1) indicam a existência de alta variabilidade genética entre os genitores avaliados.

Os coeficientes de correlação de Pearson entre a divergência genética (DIV) e as estimativas do dialelo, bem como a média dos híbridos para CAP e DEN, estão apresentados na Tabela 3. Verifica-se que a DIV apresentou coeficientes de correlação significativos com a CEC_{CAP} e com a CAP. Apesar de significativas, as magnitudes das correlações foram baixas. A maior magnitude observada na correlação entre CAP e DIV assume importância maior, uma vez que o desempenho do híbrido para esse caráter é de grande importância para a indústria. A correlação elevada entre CEC_{CAP} com

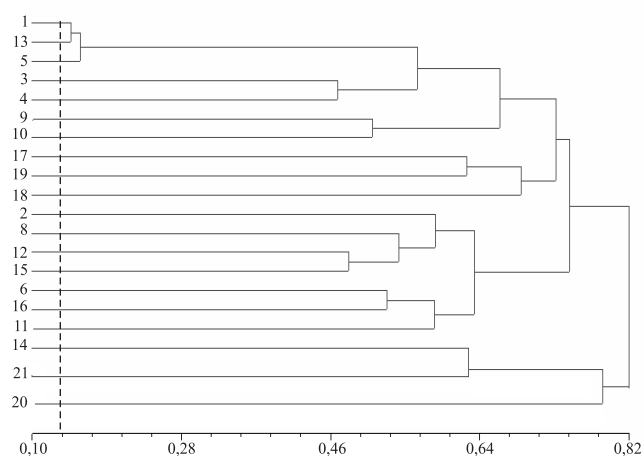


Figura 1. Dendrograma das dissimilaridades genéticas entre os 20 clones-elite, obtido pelo método UPGMA, baseado em marcadores microssatélites, com o ponto de corte de 0,14.

Tabela 3. Coeficiente das correlações de Pearson entre a distância genética (DIV), estimativa dos efeitos da capacidade geral (CGC_{CAP}) e específica (CEC_{CAP}) de combinação para circunferência à altura do peito, estimativa dos efeitos da capacidade geral (CGC_{DEN}) e específica (CEC_{DEN}) de combinação para densidade e a média dos híbridos para circunferência à altura do peito (CAP) e densidade (DEN).

Variável	CGC_{CAP}	CEC_{CAP}	CGC_{DEN}	CEC_{DEN}	CAP	DEN
DIV	0,007 ^{ns}	0,252 ^{**}	-0,012 ^{ns}	-0,036 ^{ns}	0,328 ^{**}	-0,053 ^{ns}
CGC_{CAP}	-	-0,053 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,066 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,093 ^{ns}
CEC_{CAP}	-	-	-0,073 ^{ns}	-0,559 ^{**}	0,693 ^{**}	-0,599 ^{**}
CGC_{DEN}	-	-	-	0,018 ^{ns}	-0,255 ^{**}	0,270 ^{**}
CEC_{DEN}	-	-	-	-	-0,426 ^{**}	0,920 ^{**}
CAP	-	-	-	-	-	-0,621 ^{**}
DEN	-	-	-	-	-	-

^{ns}Não-significativo. ^{**}Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t de Student.

CAP (0,69) e da CEC para densidade com a DEN (0,92) se destaca.

Em cultura perene, Baril et al. (1997) utilizaram diversidade genética estimada com marcadores RAPD dentro e entre *E. grandis* e *E. urophylla* a fim de determinar a predição para crescimento volumétrico de híbridos. Esse estudo mostrou que a distância genética baseada em marcadores moleculares do tipo RAPD prevê o valor de um cruzamento com sucesso. Ainda nesse estudo, a distância genética estimada entre indivíduos das duas espécies explicou a capacidade geral de combinação e a capacidade específica de combinação para crescimento volumétrico com um coeficiente de determinação de 81,6%. Entretanto, Vaillancourt et al. (1995), utilizando distâncias genéticas baseadas em marcadores moleculares RAPD para prever a heterose em progênies de *E. globulus*, observaram que a capacidade da distância genética em prever heterose é significativa, mas explica somente 5% da variação na capacidade específica de combinação. Esse resultado está de acordo com os obtidos neste trabalho, que apresenta 6,3% da CEC_{CAP} sendo explicada pela divergência genética. Já a porcentagem de explicação da CAP pela divergência genética foi de 10,8%.

Conclusão

A predição por meio de marcadores moleculares do tipo microsatélite apresenta baixa precisão e não deve substituir os cruzamentos dialélicos.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa; à Empresa Aracruz Celulose S.A., pela infra-estrutura e material cedidos.

Referências

- AJMONE-MARSAN P.; CASTIGLIONI P.; FUSARI F. Genetic diversity and relationship to hybrid performance in maize as revealed by RFLP and AFLP markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v.96, p.219-227, 1998.
- AMORIN, E.P. **Produtividade de híbridos de milho, derivados de populações S₀, e associação com distância genética baseada em microsatélites**. 2005. 97p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANDRADE, H.B. **Eficiência dos experimentos com clones na cultura do eucalipto**. 2002. 162p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BARIL, C.P.; VERHAEGEN, D.; VIGNERON, P.; BOUVET, J.M.; KREMER, A. Structure of the specific combining ability between two species of *Eucalyptus*: 1-RAPD data. **Theoretical Applied Genetics**, v.94, p.796-803, 1997.
- BISON, O. **Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BORRALHO, N.M.G. Seed orchards or cuttings: which is the best? In: IUFRO CONFERENCE, 1., 1997, Salvador. **Proceedings**. Salvador: Embrapa, 1997. p.330-336.
- BOUVET, J.M.; VIGNERON, P. Variance structure in *Eucalyptus* hybrid populations. **Silvae Genetica**, v.45, p.171-177, 1996.
- BRONDANI, R.P.V.; BRONDANI, C.; TARCHINI, R.; GRATTAPAGLIA, D. Development, characterization and mapping of microsatellite markers in *Eucalyptus grandis* and *E. urophylla*. **Theoretical Applied Genetics**, v.97, p.816-827, 1998.
- BRONDANI, R.P.V.; WILLIAMS, E.; BRONDANI, C.; GRATTAPAGLIA, D. A microsatellite-based consensus linkage map for species of *Eucalyptus* and a novel set of 230 microsatellite markers for the genus. **BMC Plant Biology**, v.6, p.1-16, 2006.
- DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v.12, p.13-15, 1990.
- DUARTE, J.M.; SANTOS, J.B. dos; MELO, L.C. Comparison of similarity coefficients based on RAPD markers in the common bean. **Genetics and Molecular Biology**, v.22, p.427-432, 1999.

- GONÇALVES, F.; REZENDE, G.D.S.P.; BERTOLUCCI, F.L.G.; RAMALHO, M.A.P. Progresso genético por meio de seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v.25, p.295-301, 2001.
- GRATTAPAGLIA, D. Marcadores moleculares em espécies florestais: *Eucalyptus* como modelo. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-ILGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.967-1010.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v.9, p.463-493, 1956.
- HARDNER, C.M.; POTTS, B.M. Inbreeding depression and changes in variation after selfing in *Eucalyptus-globulus* ssp. *globulus*. **Silvae Genetica**, v.44, p.46-54, 1995.
- IDURY, R.M.; CARDON, L.R. A simple method for automated allele binning in microsatellite markers. **Genome Research**, v.7, p.1104-1109, 1997.
- JIN, L.; CHAKRABORTY, R. Estimation of genetic distance and coefficient of gene diversity from single-probe multilocus DNA finger-printing data. **Molecular Biology Evolution**, v.11, p.120-127, 1993.
- KIRST, M.; CORDEIRO, C.M.; REZENDE, G.D.S.P.; GRATTAPAGLIA, D. Power of microsatellite markers for fingerprinting and parentage analysis in *Eucalyptus grandis* breeding populations. **Journal of Heredity**, v.96, p.161-166, 2005.
- LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.I.F. de; OLIVEIRA, A.C.; VALÉRIO, I.P.; BENIN, G.; ZIMMER, P.D.; VIEIRA, E.A. Distância genética e sua associação com heterose e desempenho de híbridos em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.591-598, 2006.
- MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and relationship with heterosis for yield in F₁ híbridos. **Revista Brasileira de Genética**, v.6, p.453-460, 1983.
- RAMALHO, M A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O.G. **Genética quantitativa de plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Editora UFG, 1993. 271p.
- RESENDE, M.D.V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas**. Brasília: Embrapa, 2002. 975p.
- REZENDE, G.D.S.P.; RESENDE, M.D.V. de. Dominance effects in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and hybrids. In: DUNGEY, H.S.; DIETERS, M.J.; NIKLES, D.G. **Hybrid breeding and genetics of forest trees**. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p.93-100.
- ROHLF, F.J. **NTSYS-pc**: numerical taxonomy and multivariate analysis system. New York, 1992, 470p.
- SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaço**. 1999. 124p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- VAILLANCOURT, R.E.; POTTS, B.M.; WATSIN, M.; VOLKER, P.W.; HODGE, G.R.; REID, J.B.; WEST, A.K. Detection and prediction of heterosis in *Eucalyptus globulus*. **Forest Genetics**, v.2, p.11-19, 1995.

Recebido em 14 de março de 2007 e aprovado em 18 de junho de 2007