

**IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO PROGÊNIES X AMBIENTES NA SELEÇÃO
SIMULTÂNEA DE VÁRIOS CARACTERES NO MELHORAMENTO DO *Eucalyptus***

CRISTIANE APARECIDA FIORAVANTE REIS¹, FLÁVIA MARIA AVELAR GONÇALVES²,
MAGNO ANTONIO PATTO RAMALHO³, ANTÔNIO MARCOS ROSADO⁴

RESUMO

Este trabalho foi realizado com objetivo de verificar as implicações da interação progênies x ambientes na seleção simultânea de vários caracteres de *Eucalyptus* e comparar a eficiência de três índices de seleção. Para isto, foi utilizado um teste de progênies de irmãos germanos de *Eucalyptus* spp. avaliado em dois ambientes no município de Ipaba, MG. Aos três anos de idade, foram avaliadas as seguintes características: incremento médio anual de madeira (IMA), densidade básica da madeira (DB), rendimento depurado de celulose (RD) e álcali efetivo (AE). Na comparação dos três índices foi observada boa concordância na seleção de progênies. No entanto, o índice do somatório Z das variáveis padronizadas, quando aliado ao método gráfico, permite verificar em quais caracteres envolvidos a progênie tem alguma deficiência. A presença da interação progênies x ambientes para o somatório Z das variáveis padronizadas é significativa, entretanto, não altera de forma expressiva a classificação das progênies nos ambientes.

Palavras-chaves: Eucalipto, teste de progênies, índices de seleção, qualidade da madeira

INTRODUÇÃO

Por algumas décadas, o melhoramento genético do gênero *Eucalyptus* no Brasil foi direcionado para a produtividade de madeira. O sucesso obtido foi enorme (SILVA & BARRICHELLO, 2006). Os caracteres associados às propriedades tecnológicas da madeira têm recebido maior atenção recentemente. Neste contexto, é importante mencionar que o aumento da produtividade aliado à melhoria das propriedades tecnológicas da madeira contribuem para a redução de custos operacionais, melhoria da performance da matéria-prima no processo industrial, bem como na adequação dessa matéria-prima à fabricação de produtos de alta qualidade para diferentes segmentos de mercado.

Inicialmente, a procura foi pela identificação de caracteres que pudessem ser avaliados com precisão no campo e que fossem associados às propriedades tecnológicas da madeira. Assim, o procedimento ideal era aquele que não necessitasse do abate das árvores para a obtenção dos dados. Desta forma, o emprego da Espectroscopia no Infravermelho Próximo (*Near Infrared Spectroscopy* - NIR) (PASQUINI, 2003) possibilitou que esses dados fossem obtidos como almejado. A partir de então os programas de melhoramento do *Eucalyptus* passaram a manusear um maior número de variáveis. Nesse caso, existem algumas alternativas que auxiliam na escolha dos melhores indivíduos e/ou progênies. A mais utilizada é o índice de seleção (BERNARDO, 2002). A proposta do primeiro índice foi realizada na década de trinta do século passado por Smith (1936) e Hazel (1943), desde então inúmeras alternativas foram implementadas. Inclusive, algumas delas foram avaliadas no setor florestal (PAULA et al., 2002; MARTINS et al., 2003; MARTINS et al., 2006). Todas essas metodologias apresentam vantagens e desvantagens. O que se deseja é um procedimento que seja de fácil análise e interpretação. A proposta do índice que utiliza o somatório Z das variáveis padronizadas associado à visualização gráfica se enquadra no almejado (MENDES et al., 2009). No entanto, esse procedimento ainda não foi avaliado no setor florestal.

¹ Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, DBI/UFLA, cristianemep@yahoo.com.br

² Professora Adjunta, DBI/UFLA, avelar@dbi.ufla.br

³ Professor Titular, DBI/UFLA, magnoapr@dbi.ufla.br

⁴ Pesquisador em Melhoramento Florestal, Empresa Cenibra S.A., antonio.rosado@cenibra.com.br

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Deve-se também salientar que trabalhos a respeito da interação genótipos x ambientes em *Eucalyptus* são frequentes (PEREIRA et al., 1997; NUNES et al., 2002, REIS, 2009). Entretanto, o efeito dessa interação no resultado da seleção simultânea para vários caracteres ainda é muito pouco explorado. Do exposto, foi realizado o presente trabalho com os seguintes objetivos: comparar os índices de seleção clássico (SMITH, 1936; HAZEL, 1943), soma de postos (MULAMBA & MOCK, 1978) e somatório Z das variáveis padronizadas envolvendo caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira e verificar as implicações da interação progênes x ambientes na seleção simultânea de vários caracteres.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi composto por um teste de progênes avaliado em dois ambientes da CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S.A. situados no município de Ipaba, Minas Gerais. As caracterizações geográficas e edafoclimáticas dos ambientes são apresentadas na Tabela 1. As progênes de irmãos germanos utilizadas foram obtidas de cruzamentos controlados entre plantas de diferentes espécies de *Eucalyptus*. Deve-se ressaltar que foram avaliadas 66 progênes comuns aos ambientes.

Tabela 1 - Caracterizações geográficas e edafoclimáticas dos ambientes em que foram avaliadas as progênes de irmãos germanos de *Eucalyptus* spp no município de Ipaba, MG.

	Ambientes	
	1	2
Latitude (UTM)	7838000	762500
Longitude (UTM)	7838450	763000
Altitude (m)	260	300
Topografia	Baixada	Encosta
Tipo de solo	Aluvial	Latossolo
Precipitação (mm)	1.229,80	
Umidade Relativa (%)	70,50	
Temperatura máxima (°C)	31,00	
Temperatura mínima (°C)	18,80	
Temperatura média (°C)	20,50	

Os experimentos foram implantados no ano de 2001, no delineamento experimental de blocos casualizados com cinco repetições, parcelas constituídas de oito plantas e espaçamento de 3 x 2 m. Os tratos silviculturais utilizados foram os mesmos preconizados para os plantios comerciais da empresa.

No ano de 2004, aos três anos de idade, foram obtidas estimativas de incremento médio anual de madeira (IMA), em m³/ha/ano. Por meio do NIR foram obtidos dados das características tecnológicas da madeira: densidade básica da madeira (DB), em kg/m³, rendimento depurado de celulose (RD) e álcali efetivo (AE), ambas em porcentagem.

A avaliação estatística do teste de progênes foi feita por meio do procedimento de modelos mistos REML - Máxima Verossimilhança Residual. Deve-se mencionar que foram feitas análises por ambientes e na conjunta de ambientes para cada uma das características avaliadas. Para tanto foi utilizado o programa computacional SELEGEN – Seleção Genética Computadorizada (RESENDE, 2007a). A partir dessas análises foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) e obtidas as análises de deviance para cada caráter avaliado (RESENDE, 2007b). Além disso, foram estimadas as acurácias seletivas dos experimentos e também as médias preditas.

A decomposição da interação em suas partes simples e complexa foi feita de acordo com a metodologia de Cruz & Castoldi (1991). As correlações genéticas entre os desempenhos médios das progênes nos dois ambientes, para cada característica considerada, foram estimadas de acordo com BERNARDO (2002).

Com intuito de selecionar as melhores progênies com base nas quatro características simultaneamente, foram empregados dois índices tradicionalmente utilizados no setor florestal, clássico e o de soma de postos e, também o somatório das variáveis padronizadas, índice Z (MENDES et al., 2009). O índice clássico ou de Smith & Hazel (SMITH, 1936; HAZEL, 1943) considera as covariâncias genéticas e fenotípicas entre os n caracteres e também um peso econômico para cada caráter. O índice de soma de postos ou *ranks* foi proposto por Mulamba & Mock (1978) e consiste em classificar as progênies em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada genótipo, referente a cada caráter, resultando em uma medida adicional tomada como índice de seleção. As análises, para os índices de Smith & Hazel e Mulamba & Mock, foram realizadas pelo programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

Na obtenção do índice do somatório das variáveis padronizadas, os dados de caracteres de crescimento: IMA e tecnológicos da madeira: AE, DB e RD de todos os indivíduos do teste de progênies foram padronizados visando torná-los diretamente comparáveis. Assim, a variável Z_{ij} foi

estimada pelo seguinte estimador (RAMALHO et al., 2005): $Z_{ij} = \frac{x_{ij} - m_{.j}}{s_{.j}}$, em que: Z_{ij} : valor da

variável padronizada correspondente ao indivíduo i na repetição j ; x_{ij} : média da característica considerada do indivíduo i na repetição j ; $m_{.j}$: média de todos os indivíduos na repetição j ; $s_{.j}$: desvio padrão da média na repetição j . Como a variável Z pode assumir tanto valores negativos como positivos, foi adicionado uma constante de valor três, de modo a tornar os valores positivos. Nesse caso, a média populacional, em vez de zero, assumiu o valor três.

O emprego desse índice na seleção simultânea dos quatro caracteres, parte do pressuposto que quanto maior o valor de Z melhor. Contudo, deve ser salientado que para a característica AE, quanto menor o seu valor, mais econômico é o processo de extração de celulose. Para tornar todas as características atuantes na mesma direção, os valores de álcali efetivo foram submetidos a uma regra de três inversa de modo que quanto maior o valor, mais eficiente é o processo. Para o índice somatório Z das variáveis padronizadas, foram também utilizados pesos econômicos iguais a um para todos os caracteres considerados.

Após a padronização das variáveis, foi obtido o somatório de Z para cada indivíduo, o qual foi submetido a uma análise de deviance e em seguida, obtidas médias preditas das progênies para o somatório Z , sendo as mesmas ranqueadas em sentido favorável ao melhoramento. Foram também estimados os parâmetros genéticos para o índice. Adicionalmente, foi utilizado o método gráfico que permite uma rápida e fácil identificação das progênies de melhor desempenho. Posteriormente, foram realizadas comparações entre os três índices considerados e obtida a porcentagem de coincidências entre as 20% melhores progênies obtidas para cada índice.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dois ambientes em que foram conduzidos os experimentos, embora fossem localizados no mesmo município, apresentam diferenças marcantes com relação ao relevo. Um experimento foi instalado em ambiente tipicamente de baixada e o outro de encosta. Além do que, eles também diferem nas propriedades do solo (Tabela 1). Essas diferenças contribuíram para que fossem detectadas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre os caracteres AE e DB, nos dois ambientes. De modo geral, o desempenho médio das progênies do ambiente 2, ou seja, situado em região de encosta, foi superior ao ambiente 1, de baixada. Para os quatro caracteres, em média, o desempenho do ambiente 2 foi 5,77% superior ao do ambiente 1.

Um aspecto importante em experimentos dessa natureza é a precisão experimental com que as progênies foram avaliadas. Verificou-se que as estimativas das acurácias variaram de 91,22 a 94,99%, sendo classificadas como altas a muito altas de acordo com RESENDE (2007b), sendo essa condição muito favorável para a seleção.

Foram encontradas diferenças significativas ($P \leq 0,01$) entre progênies para todas as características analisadas, tanto nas análises por ambiente quanto nas conjuntas. A interação progênies x ambientes foi significativa somente para os caracteres AE e DB. No entanto, foi constatado que

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

houve predominância da parte simples da interação em ambos os casos. Do exposto, pode-se inferir que não houve alteração expressiva na classificação das progênes entre os ambientes.

Como a interação progênes x ambientes não foi expressiva, o ranqueamento das melhores progênes foi realizado com base na análise conjunta de ambientes. Assim, na Tabela 2, são apresentadas as 20% melhores progênes, ou seja, as 14, que foram selecionadas na média dos dois ambientes para todos os índices de seleção utilizados. Observa-se que a correspondência entre as progênes selecionadas através dos diferentes índices foi boa. Consta-se que pelo menos 57% das progênes foram comuns aos três índices.

Tabela 2 - Progênes selecionadas de acordo com os índices somatório Z das variáveis padronizadas, clássico e soma de postos obtidos na avaliação de progênes de *Eucalyptus* spp, dados da conjunta de ambientes.

Classificação da Progênie	Índices		
	Somatório Z	Clássico	Soma de Postos
1	58	58	59
2	59	59	21
3	21	64	8
4	6	12	42
5	42	21	43
6	7	43	54
7	8	42	36
8	55	20	46
9	43	8	58
10	57	6	47
11	5	7	57
12	15	16	64
13	64	4	6
14	27	56	14

É importante mencionar que o somatório Z das variáveis padronizadas pode ser estimado por repetição e assim, é possível realizar uma análise de deviance. Neste contexto, constatou-se que as progênes diferiram com relação ao índice Z ($P \leq 0,01$). Uma outra vantagem do índice Z é que adicionalmente, ele permite verificar, por meio de uma análise gráfica, em quais caracteres envolvidos a progênie tem alguma deficiência. Assim, pôde-se observar que as progênes 58, no ambiente 1 e 59, no ambiente 2, apresentaram valores de Z acima da média da população para as quatro características consideradas (Figura 1). Deve-se ressaltar que os desempenhos dessas duas progênes demonstram a existência de ganhos com a seleção. Entretanto, foi observado que as progênes 63 e 39 apresentaram os menores valores do índice Z, nos ambientes 1 e 2, respectivamente. Isso se deve ao desempenho inferior dessas progênes para a característica IMA de madeira, uma vez que para os caracteres AE, DB e RD, os desempenhos foram superiores à média da população.

Assim, a facilidade de obtenção do índice Z, aliada à possibilidade de ser submetido à análise estatística e à análise gráfica do desempenho de cada progênie sugere que esse índice é uma boa opção para os melhoristas de *Eucalyptus* como também já constatado em feijão (MENDES et al., 2009).

Um dos focos desse trabalho é verificar o possível efeito da interação progênes x ambientes no desempenho das progênes considerando os quatro caracteres simultaneamente. Observou-se que para o índice Z, a interação progênes x ambientes foi significativa ($P \leq 0,05$). A relação entre as estimativas da variância da interação progênes x ambientes e variância genética entre progênes foi expressiva, 42,20%. A partir do desdobramento da interação pela metodologia de Cruz & Castoldi (1991) foi constatado que houve predominância da parte simples da interação (72,45%). Adicionalmente, a estimativa da correlação genética entre as médias de Z das progênes, nos dois ambientes, foi alta, 0,77. Deste modo, com relação ao índice Z, infere-se que não houve mudança marcante no ranqueamento das progênes nos dois ambientes considerados.

Ambiente 1

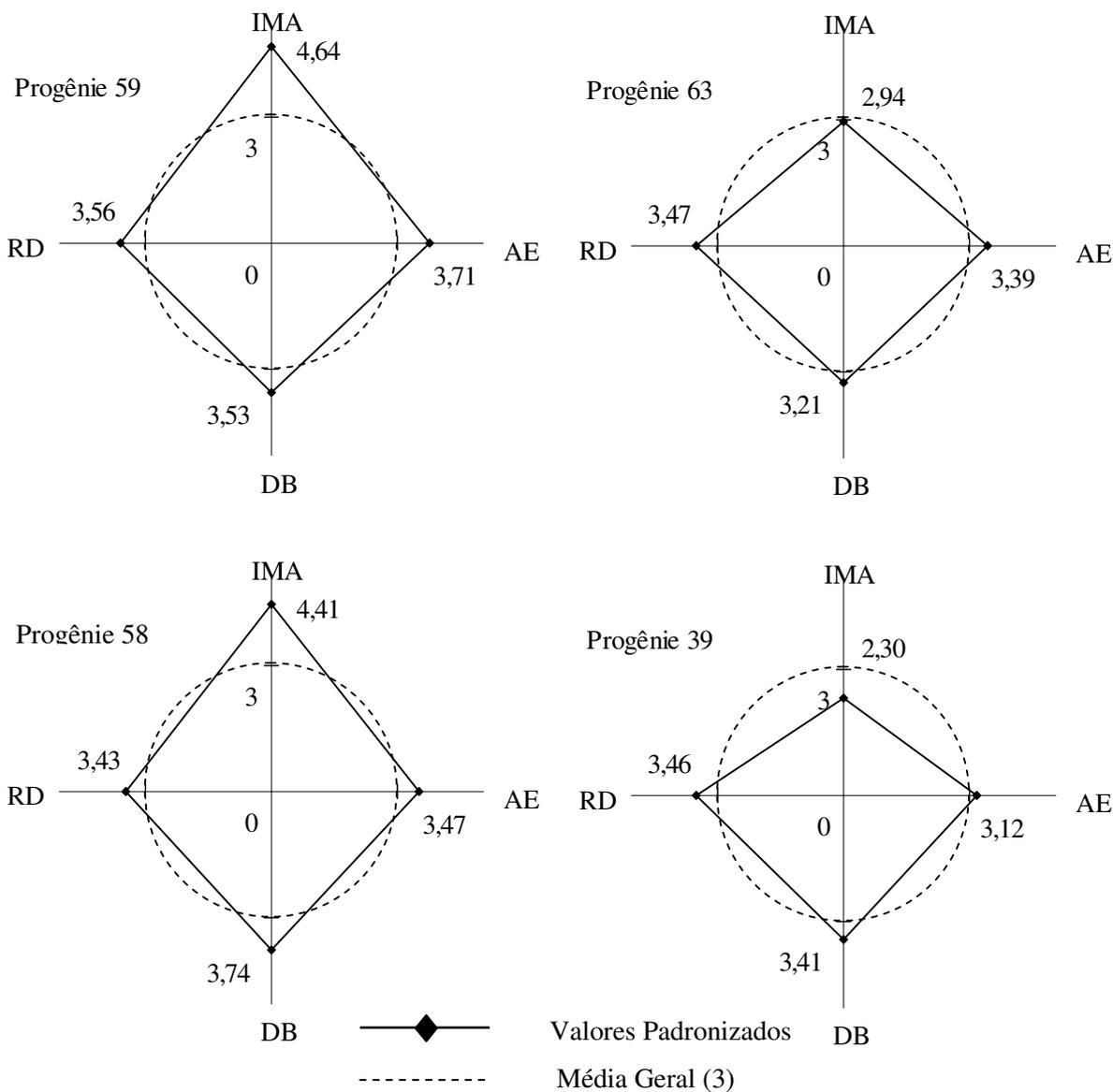


Figura 1 - Representação gráfica dos valores padronizados dos caracteres incremento médio anual (IMA), álcali efetivo (AE), densidade básica (DB) e rendimento depurado em celulose (RD) das progênies de *Eucalyptus* spp que apresentaram os mais altos e mais baixos valores de Z em cada um dos ambientes.

CONCLUSÃO

Houve boa concordância na seleção de progênies pelos índices: clássico, soma de postos e somatório Z das variáveis padronizadas. No entanto, o índice Z, quando aliado ao método gráfico, permite verificar em quais caracteres envolvidos a progênie tem alguma deficiência.

A presença da interação progênies x ambientes para o somatório Z das variáveis padronizadas é significativa, entretanto, não altera de forma expressiva a classificação das progênies nos ambientes.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury, Minnesota: Stemma Press, 2002. 368 p.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v.38, p.422-430, ago.1991.

CRUZ, C.D. **PROGRAMA GENES: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

HAZEL, L. N. The genetic basics for constructing selections indexes. **Genetics**, New York, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

MARTINS, I. S. *et al.* Alternativas de índices em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n. 3, p. 287-291, jul./set. 2006.

MARTINS, I. S. *et al.* Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n. 3, p. 327-333, mai./ jun. 2003.

MENDES, F. F. *et al.* Índice de seleção para escolha de populações segregantes do feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, p.1312-1318, out. 2009.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal Genetic Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, may. 1978.

NUNES, G. H. S. *et al.* Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 49-58, jan./jul. 2002.

PASQUINI, C. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. **Journal Brazilian Chemistry Society**, Campinas, v. 14, n. 2, p.198-219, 2003.

PAULA, R. C. de. *et al.* Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 159-165, fev. 2002.

RAMALHO, M.A.P. *et al.* **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 300p.

REIS, C. A. F. **Correspondência no desempenho entre árvores selecionadas em testes de progênies e seus clones em *Eucalyptus* spp.** 2009. 47p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

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

SILVA, P. H. M.; L. E. G. BARRICHELO. Progressos recentes na área florestal. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, Agricultura e Sociedade**. Brasília: Embrapa, p. 439-456. 2006

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics**. Cambridge, v.7, p. 240-250, 1936.