

IMPLICAÇÕES DA INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES NA SELEÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO¹

Glauber Henrique de S. Nunes², Gabriel Dehon S.P. Rezende³, Magno Antônio Patto Ramalho⁴
e João Bosco dos Santos⁴

RESUMO: Os objetivos do presente trabalho foram estimar a magnitude da interação clones x ambientes, estudar o seu efeito sobre o progresso com a seleção e verificar a viabilidade da metodologia de Toler (1990) para identificar clones mais estáveis. Foram utilizados dados referentes ao incremento médio anual ($m^3/ha.ano$) de dois grupos de experimentos de clones. A interação entre clones e ambientes teve reflexo na seleção, pois a resposta correlacionada pela seleção em um ambiente e ganho em outro sempre foi inferior ao ganho da seleção direta. Todavia, mesmo na resposta correlacionada, o ganho percentual foi expressivo, indicando ser possível a identificação de clones com ampla adaptação. A metodologia de Toler (1990) de análise da estabilidade fenotípica foi eficiente na discriminação dos clones, permitindo a identificação daqueles com maior estabilidade. Os clones foram agrupados em cinco grupos, sendo que a maioria, nas duas idades, apresentou comportamento explicado com apenas um segmento de reta, ou seja, padrão de resposta semelhante nos ambientes favoráveis e desfavoráveis.

Palavras-chave: Interação genótipos x ambientes, eucalipto, adaptabilidade e estabilidade.

IMPLICATIONS OF THE GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION EFFECTS ON EUCALYPTUS CLONE SELECTION

ABSTRACT: *This work aimed at estimating clones x environments effects, their implications on selection and verifying the efficiency of Toler's (1990) methodology. The mean annual yield increase ($m^3/ha.year$) of two groups of clone experiments were used in the study. The GXA interaction was significant in both experiments, but it was more pronounced in the experiment with greater number of clones. The clones x environment interaction affected in the selection, because the correlated response to selection in one environment observed in another was always lower than the gain of direct selection. However, even in the correlated response cases, the expected percentage gain was expressive, indicating that it is possible to identify clones with wide adaptation. The Toler's (1990)*

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor apresentada na Universidade Federal de Lavras

² Coordenadoria de Pesquisa e Pós-graduação, Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Cx.Postal 137, CEP 59625-900, Mossoró-RN, cpgg@esam.br.

³ Aracruz Celulose S. A .

⁴ Depto. Biologia, Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, CEP 37200-000, Lavras-MG. *metodologie was efficient in identifying clones with greater stability. The clones were classified in five groups, according to the estimates of the stability parameters. The majority of the clones, at the two ages, had their performance explained by a single regression line, i.e., a similar pattern of response to environmental improvement in favorable and unfavorable environments.*

Key words: Interaction genotype and environment, eucalyptus, adaptability and stability.

1. INTRODUÇÃO

A seleção de clones com boas características silviculturais e tecnológicas é o objetivo primordial dos programas de melhoramento com Eucalyptus no Brasil. Em tais programas os clones são avaliados em diferentes ambientes antes da seleção final, recomendação e multiplicação para exploração comercial. Como os ambientes utilizados nos experimentos são bastante diversificados, espera-se que ocorra a interação entre clones e ambientes e que a mesma tenha um papel importante na manifestação fenotípica.

Em razão da relevância desta interação, é necessário obter informações sobre a sua magnitude e natureza, para permitir a escolha da melhor estratégia de seleção. Além disso, deve-se considerar que esta interação reduz a correlação genética e, por conseqüência, o ganho com a seleção (Falconer & Mackay, 1996). Assim, torna-se fundamental a aplicação de medidas que reduzam ou atenuem o efeito da interação, sendo uma das alternativas mais empregadas a utilização de genótipos com maior estabilidade fenotípica (Gonçalves, 1997) e as metodologias mais utilizadas aquelas que utilizam a regressão linear (Eberhart & Russel, 1966; Cruz et al., 1989). O grande problema nesses métodos é que o índice ambiental, obtido pelas produtividades médias dos genótipos, é a variável independente da regressão. Do ponto de vista estatístico da análise de regressão, isso não pode ocorrer, pois fere o princípio da interdependência das variáveis no modelo de regressão.

Mais recentemente, alguns trabalhos na literatura têm utilizado modelos de regressão não linear no estudo de estabilidade (Toler &

Burrows; 1998; Rosse, 1999). A metodologia proposta por Toler (1990) corrige os problemas relacionados à estimação do índice ambiental e apresenta testes de hipóteses mais rigorosos para os padrões de resposta, permitindo a classificação dos cultivares em vários grupos. É, portanto, um método promissor no estudo de estabilidade.

Diante dessas considerações, este trabalho tem como objetivos estimar a magnitude da interação entre clones e ambientes, estudar o seu efeito sobre o progresso com a seleção e verificar a viabilidade da metodologia de Toler (1990) para identificar clones com maior estabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram utilizados os dados de incremento médio anual ($m^3/ha.ano$) relativos à avaliação de clones da empresa Aracruz Celulose S.A.. Foram avaliados, de forma separada, 121 clones aos três anos de idade e 21 aos seis anos.

Cada grupo de clones foi avaliado em nove ambientes, sendo que as coordenadas geográficas e a região desses ambientes encontram-se na Tabela 1. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo a parcela constituída por seis plantas.

Foram realizadas as análises por ambiente e conjunta, conforme Ramalho et al. (2000). As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, bem como dos ganhos com a seleção e das respostas correlacionadas quando a seleção é feita em um ambiente e o ganho medido em outro foram obtidas segundo Vencovsky & Barriga (1992).

Tabela 1. Coordenadas geográficas e região dos ambientes dos experimentos com clones de *Eucalyptus* avaliados aos três e seis anos de idade.

Table 1. Geographic coordinates and region of environments of experiments with *Eucalyptus* clones evaluated with three and six years old.

Ambiente (Idade)	Região	Coordenadas geográficas	
		Latitude (S)	Longitude (W)
(Três anos)			
AR-1	Aracruz	19° 48' 13,1"	40° 11' 23,2"
AR-2	Aracruz	19° 43' 14,4"	40° 05' 41,5"
AR-3	Aracruz	19° 54' 32,2"	40° 06' 41,3"
SM-1	São Mateus	18° 33' 50,7"	40° 01' 23,1"
SM-2	São Mateus	18° 30' 56,2"	39° 47' 30,6"
SM-3	São Mateus	18° 28' 16,5"	39° 46' 30,0"
SB-1	Sul da Bahia	18° 02' 10,8"	39° 50' 12,7"
SB-2	Sul da Bahia	17° 51' 50,7"	39° 46' 35,2"
SB-3	Sul da Bahia	17° 57' 43,4"	39° 56' 29,2"
(Seis anos)			
AR-1	Aracruz	19° 43' 23,2"	40° 10' 38,7"
AR-2	Aracruz	19° 43' 26,9"	40° 06' 56,2"
AR-3	Aracruz	19° 49' 21,8"	40° 06' 07,3"
SM-1	São Mateus	18° 35' 58,9"	40° 05' 33,6"
SM-2	São Mateus	18° 30' 48,2"	39° 49' 48,7"
SM-3	São Mateus	18° 31' 45,0"	39° 51' 18,8"
SB-1	Sul da Bahia	18° 02' 10,8"	39° 50' 12,7"
SB-2	Sul da Bahia	18° 01' 23,1"	39° 33' 04,3"
SB-3	Sul da Bahia	17° 36' 01,1"	39° 38' 39,5"

A partir da metodologia de Cruz & Castoldi (1991), a interação entre clones e ambientes foi decomposta em suas partes simples e complexa. Também foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade segundo os modelos propostos por Toler (1990). O modelo 1 de Toler (1990), o qual prevê um comportamento linear dos clones frente às variações ambientais, foi o seguinte:

$$y_{ij} = \alpha_i + \beta_i \mu_j + \delta_{ij} + e_{ij}$$

em que:

y_{ij} : resposta média do clone i no ambiente j , sendo $i=1, 2, \dots, I$ e $j=1, 2, \dots, J$;

α_i : desempenho médio do clone i ;

β_i : coeficiente de sensibilidade de resposta do clone i ao ambiente;

μ_j : efeito do ambiente j ;

δ_{ij} : desvio da regressão para o clone i no ambiente j ;

e_{ij} : erro experimental médio

Esse modelo exige as restrições

$$\sum_{i=1}^I \beta_i = 1 \quad \text{e} \quad \sum_{j=1}^J \mu_j = 0.$$

O modelo 2 proposto por Toler (1990), bissegmentado, foi o seguinte:

$$y_{ij} = \alpha_i + [\beta_{1i} Z_j + \beta_{2i} (1 - Z_i)] \mu_j + \delta_{ij} + e_{ij}$$

em que:

y_{ij} : resposta média do clone i no ambiente j , sendo $i=1, 2, \dots, I$ e $j=1, 2, \dots, J$;

α_i : intercepto de resposta do clone i , sendo $i=1, 2, \dots, I$;

β_{1i} : coeficiente de sensibilidade do clone i em ambientes desfavoráveis;

β_{2i} : coeficiente de sensibilidade do clone i em ambientes favoráveis;

μ_j : efeito do ambiente j , sendo $j=1,2, \dots, J$;
 Z_j : variável binária que assume valor 0 quando $\mu_j \leq 0$ e 1 quando $\mu_j > 0$. As restrições impostas a esse modelo são: $\sum_{i=1}^I \beta_{1i} = \sum_{i=1}^I \beta_{2i} = 1$ e $\sum_{j=1}^J \mu_j = 0$.

Ajustados os modelos 1 e 2, foi aplicado o critério de classificação dos clones de acordo com o padrão resposta em relação aos ambientes, os quais estão apresentados a seguir:

Grupo	Critério
A	Rejeita-se a hipótese $\beta_1 = \beta_2$ e aceita-se $\beta_1 < 1 < \beta_2$
B	Aceita-se a hipótese $\beta_1 = \beta_2$ e rejeita-se H ($\beta=1$), sendo o comum $\beta > 1$
C	Aceita-se a hipótese $\beta_1 = \beta_2$ e aceita-se H ($\beta=1$)
D	Aceita-se a hipótese $\beta_1 = \beta_2$ e rejeita-se H ($\beta=1$), sendo o comum $\beta < 1$
E	Rejeita-se a hipótese $\beta_1 = \beta_2$ e aceita-se $\beta_1 > 1 > \beta_2$

Os significados práticos dos cinco grupos são apresentados a seguir:

A: resposta convexa e duplo desejável,

B: resposta linear simples e desejável somente em ambientes de alta qualidade;

C: resposta linear simples não desviando da resposta média;

D: resposta linear simples e desejável somente em ambientes de pobre qualidade;

E: resposta côncava e duplo indesejável.

Por fim, estimou-se o índice de confiabilidade (index reability) pela metodologia de Annicchiarico (1992). O índice de confiabilidade é obtido pela seguinte expressão:

$$IC_i = \bar{Y}_i - Z_{(1-\alpha)} \cdot s_i$$

em que:

IC_i : índice de confiabilidade (%);

\bar{Y}_i : média geral do clone i em porcentagem;

$Z_{(1-\alpha)}$: percentil $(1-\alpha)$ da função de distribuição normal acumulada;

s_i : desvio padrão dos valores percentuais;

α : nível de significância pré-fixado.

O autor considerou o valor de α igual a 0,25, o que significa que, de 4 casos, apenas 1 é esperado abaixo da média do ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as causas de variação foram significativas ($P \leq 0,01$) na análise conjunta de ambientes para as duas idades (Tabela 2). A significância para ambientes evidencia a heterogeneidade nas condições ambientais nas quais foram realizados os experimentos.

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos nas duas idades revelam que há variabilidade suficiente entre os dois grupos de clones. Os valores elevados da herdabilidade acima de 90% permitem antever o sucesso com a seleção de clones superiores. Uma possível explicação para os altos valores das herdabilidades nas duas idades pode ser as estimativas não muito elevadas dos erros experimentais. Uma outra razão pode estar nas magnitudes das estimativas dos componentes de variância da interação ($\hat{\sigma}_{GA}^2$) que não foram superiores aos componen-

tes da variância entre clones ($\hat{\sigma}_G^2$), que por sua vez, foram elevados.

A significância da interação clones x ambientes indica que o comportamento dos clones não é consistente ao longo dos ambientes, revelando que os clones têm sensibilidades diferentes frente às variações ambientais. A razão entre as estimativas dos componentes de variância da interação e genética foram diferentes nas duas idades. Para os clones avaliados aos três anos, a relação foi 60,7%, enquanto que nos clones avaliados aos seis anos a relação foi de apenas 33,3%. Esse fato mostra que, no primeiro caso, a interação teve maior participação na variação fenotípica total.

Um outro enfoque a ser considerado no estudo da interação genótipos por ambientes é a sua natureza. A interação é causada por dois fatores: o primeiro, também denominado de parte simples, é devido às magnitudes das diferenças de variabilidade entre os genótipos; o segundo, denominado de parte complexa, depende da correlação dos genótipos nos ambientes (Cruz & Castoldi, 1991; Lynch & Walsh, 1998). No presente trabalho, observou-se pequeno predomínio da parte complexa nas duas situações estudadas (três e seis anos) (Tabela 2).

Segundo Vencovsky & Barriga (1992), a quantificação dos fatores que compõem a interação é importante porque informa ao melhorista 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. A seleção pode ser feita na média dos

ambientes, outrossim, quando a parte complexa é mais expressiva, torna a decisão mais difícil, uma vez que neste caso existem genótipos que são bem adaptados a ambientes específicos.

Essa interação pode ser explorada nos programas de melhoramento, selecionando-se para cultivo específico. Isso aumentaria o valor fenotípico do caráter. Todavia, se tais genótipos são indevidamente cultivados em outros ambientes, seus valores fenotípicos podem ser reduzidos.

Observando-se a Tabela 3, na qual estão as respostas correlacionadas para um ambiente quando a seleção é feita em outro, pode-se constatar que, para todos os casos, os ganhos diretos (valores da diagonal) foram sempre superiores aos ganhos correlacionados. Como exemplo, no par 1 e 3, ganhos diretos com a seleção foram de 49,85% e 54,12%, respectivamente, enquanto que na seleção feita no ambiente 1, o ganho indireto observado no ambiente 3 é de 37,51%. Por

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta para incremento médio anual ($m^3/ha.ano$) e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em clones de *Eucalyptus* avaliados aos três e seis anos. **Table 2.** Summary of combined analysis to mean annual increase ($m^3/ha.ano$) and estimates of genetic and phenotype parameters in *Eucalyptus* clones evaluated with three and six years old.

CV	GL	QM (três anos)	GL	QM (seis anos)
Clones	120	933,1592**	20	2065,2628**
Ambientes	8	11424,2419**	8	3143,0338**
Clones x ambientes	960	84,9418**	160	160,6502**
Erro médio	2160	27,8062	360	90,6109
Média		20,90		38,51
CV_e (%)		25,23		24,72
CV_g (%)		26,81		21,81
$\hat{\sigma}_G^2$		31,41		70,54
$\hat{\sigma}_{GA}^2$		19,06		23,35
GS (%)		44,86		36,75
S(%) ¹		45,78		43,14
C(%) ²		54,22		56,86
$\hat{\sigma}_{GA}^2 / \hat{\sigma}_G^2$ (%)		60,68		33,10
h^2		90,89		92,22

¹S(%): porcentagem da interação devido à parte simples; ²C(%): porcentagem da interação devido à parte complexa

outro lado, quando a seleção é feita no ambiente 3, o ganho no primeiro ambiente foi de 37,51%. Esses resultados mostram a influência da interação na resposta correlacionada e como a mesma pode ser aproveitada na seleção. Mori et al. (1986) observaram que as estimativas de perdas na seleção devido ao efeito da interação entre progênies e ambientes foram até 64,8%, quando a seleção foi feita em Bom Despacho, MG e o material selecionado foi cultivado em Brotas, SP.

Nas condições de expressiva interação, em que as empresas cultivam alguns milhares de hectares com diferentes índices de qualidade de sítio, é necessário identificar clones específicos para cada ambiente. Nesse caso, o efeito da interação seria capitalizado na seleção. Na prática, tal estratégia é de difícil execução. Isso deve-se ao intenso trabalho que seria demandado no manejo dos viveiros florestais, que, neste caso, deveria ser restrito a cada ambiente ou, então, exigiria o manuseio de um grande número de clones diferentes se o trabalho fosse concentrado em um único viveiro.

Desse modo, a estratégia de se ter clones específicos para cada ambiente só será vantajosa se a interação for muito expressiva. Quando isso não ocorre, como foi o caso do presente trabalho, a opção é identificar clones com boa adaptação e maior estabilidade fenotípica possível. Além disso, o fato de existir uma mudança na classificação frente a variação ambiental não exclui a

seleção de materiais estáveis e com adaptação ampla (Vencovsky & Barriga, 1992). As estimativas altas obtidas das respostas correlacionadas (Tabela 3) com a seleção nesse trabalho reforçam esse comentário.

Uma vez identificada a interação e suas implicações sobre o ganho com a seleção, é importante que medidas sejam empregadas para atenuar o seu efeito. Entre estas destaca-se o uso de cultivares com maior estabilidade.

Em estudos de estabilidade, os procedimentos mais empregados são aqueles que utilizam a regressão, sendo as variáveis dependente e independente a média do cultivar e o índice ambiental, respectivamente (Kang, 1998). Quando se adota a regressão, o primeiro questionamento é se apenas um segmento de reta é suficiente para explicar os resultados ou se existem dois segmentos de reta, cada um específico para ambientes favoráveis ou desfavoráveis. A metodologia de Toler (1990), utilizada nesse trabalho, permite obter esse conhecimento da resposta do clone.

Para os clones avaliados aos três anos, foi possível enquadrar os genótipos em todos os grupos sugeridos (Tabela 4). Para os clones com reta bissegmentada, observou-se que aqueles do grupo E apresentaram maior média em relação aos do grupo A. Todavia, os melhores clones foram classificados no grupo A (Tabela 5).

Tabela 3. Ganhos esperados (%) na taxa de incremento médio anual (IMA) com a seleção (diagonal) e resposta correlacionada entre pares de ambientes, obtidos de clones de *Eucalyptus* avaliados aos três anos.

Table 3. Response to selection (%) (diagonal) and correlated response between pairs of environments to mean annual increase of *Eucalyptus* clones evaluated at three years of age.

Amb	AR-1	AR-2	AR-3	SM-4	SM-5	SM-6	SB-7	SB-8	SB-9
AR-1	49,85	41,58	38,03	35,80	33,14	36,88	35,53	30,74	34,15
AR-2	43,82	43,27	37,43	38,02	36,73	40,37	39,87	31,89	25,54
AR-3	37,51	35,14	54,12	35,92	34,95	38,96	28,94	27,98	32,02
SM-4	37,79	37,25	34,63	56,68	38,22	45,92	35,91	38,18	23,80
SM-5	28,70	30,17	30,55	35,88	65,60	44,08	33,25	31,66	32,25
SM-6	27,13	28,08	28,81	35,54	36,88	87,18	31,13	26,48	28,87
SB-7	33,73	36,02	27,94	35,82	35,58	40,86	54,08	33,28	30,25
SB-8	29,96	29,68	27,64	39,08	35,68	49,98	34,10	52,41	30,25
SB-9	36,79	26,09	34,87	26,41	40,99	42,25	34,27	33,28	45,99

Com relação aos grupos com um único segmento de reta, observou-se que a média do grupo B foi a maior de todas, enquanto que a média do grupo D foi a menor (Tabela 4). Rosse (1999) também observou resultado semelhante quando estudou a estabilidade de cultivares de três culturas (milho, feijão e cana-de-açúcar) pe-

lo método de Toler (1990). A porcentagem de clones nessas categorias, presente entre os trinta de maior e menor incrementos médios anuais, reforça essa tendência. Isto é, clones mais responsivos apresentam maior média, enquanto que os clones menos responsivos possuem menores médias (Tabela 4).

Tabela 4. Número de clones, média, porcentagens de clones presentes entre os trinta com maior e menor IMA, coeficiente de determinação de cada grupo formado conforme a metodologia de Toler (1990) e correlação de Spearman para as estimativas dos parâmetros β_1 e β_2 do modelo não linear bis-segmentado em clones de *Eucalyptus* avaliados ao três anos.

Table 4. Number, mean, percentage of clones among betters thirty and worsts thirty clones, determination coefficient of groups formed conform Toler (1990) metodologie and Spearman correlation to estimates of parameters β_1 and β_2 of model non-linear in *Eucalyptus* clones evaluated at three years of age.

Grupos	Número	Média (m ³ /ha.ano)	MS (%) ¹	MI(%) ²	R ²
A	18	19,19	13,33	16,67	83,00
B	18	25,77	30,33	10,00	87,00
C	38	21,20	26,67	23,33	91,00
D	16	13,45	10,00	36,67	76,00
E	31	21,15	16,67	13,33	86,00

¹Porcentagem entre os trinta clones de maior incremento médio anual

²Porcentagem entre os trinta clones de menor incremento médio anual

Tabela 5. Estimativas da média, índice de confiabilidade, coeficiente de determinação e grupo conforme classificação de Toler (1990), dos doze clones de *Eucalyptus* de maior incremento médio anual (m³/ha.ano) avaliados aos três anos.

Table 5. Estimates of mean, parameters of adaptability and stability according to Toler's (1990) methodology and confiability of average annual increment of twelve *Eucalyptus* clones evaluated at three years of age in nine environments of average.

Clone	Média	I(%) ¹	R ²	Grupo
109	37,271	132,411	80,53	A
75	34,158	108,141	71,06	A
34	33,026	99,183	73,17	B
82	29,635	98,886	74,50	B
120	28,791	92,584	68,45	B
48	28,701	105,886	82,88	B
12	28,439	96,424	85,70	B
85	27,702	65,064	53,41	E
81	27,702	81,944	73,81	E
9	27,384	72,284	67,48	B
88	27,364	94,612	76,75	E
113	27,231	79,133	76,75	C

¹Conforme Annichiaricco (1992).

Para a idade de seis anos, apenas os clones 1 e 8 apresentaram comportamento bissegmentado, pois a hipótese de nulidade testada ($\beta_{2i} - \beta_{1i} = 0$) foi rejeitada (Tabela 6). O clone 1, classificado no grupo A, se caracteriza por suportar os ambientes abaixo da média e responder à melhoria das condições do ambiente. O genótipo com essas propriedades é denominado de material com resposta convexa e duplo desejável. Já o clone 8, classificado em E, se caracteriza por apresentar média elevada em ambientes pobres e não responder a melhoria da qualidade ambiental. Tal genótipo apresenta pouca plasticidade e tem comportamento duplamente indesejável. O clone 1 é mais recomendado para ambientes nos quais seja empregada alta tecnologia, a fim de que o mesmo

possa expressar todo o seu potencial. O clone 8, por sua vez, é recomendado para ambientes onde não é utilizada uma alta tecnologia (Rosse, 1999).

Nos demais clones, a resposta pode ser explicada por apenas um segmento de reta. Nesse caso, a interpretação da estimativa β comum é semelhante àquela dada por Eberhart & Russel (1966). Com efeito, quando a estimativa for igual a unidade, os materiais terão padrão de resposta médio sob todos ambientes. Quando for maior do que a unidade, os genótipos serão especificamente adaptados aos ambientes de alta qualidade e associados à alta responsividade; por último, quando for inferior à unidade, os genótipos serão adaptados aos ambientes inferiores e associados a baixa responsividade.

Tabela 6. Estimativas da média, dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, segundo o método de Toller (1990) e do índice de confiabilidade para o caráter incremento médio anual (m^3 ./ha.ano) em clones de *Eucalyptus* avaliados aos seis anos, em nove ambientes.

Table 6. Mean estimates, confiability and stability index, according to Toller 1990 method of twelve *Eucalyptus* clones evaluated at three years of age in nine environments.

Clone	Média	I(%) ¹	$\hat{\beta}_{2i} - \hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{1i}$	$\hat{\beta}_{2i}$	$\hat{\beta}_i$	R ²	G ²
1	42,97	78,08	1,96**	0,19	2,15*	1,66*	64,6	A
2	47,47	97,96	0,30	0,95	1,26	1,16	60,9	C
3	52,20	113,68	-0,63	1,93	1,30	1,54*	76,8	B
4	42,57	86,55	0,85	0,14	0,99	0,79	49,3	C
5	32,57	60,83	0,66	0,71	1,37	1,19	61,8	C
6	35,89	71,47	-0,21	1,43	1,22	1,29	77,1	C
7	32,98	69,96	1,65	-0,32*	1,33	0,89	73,0	C
8	31,86	58,96	-1,86**	2,46*	0,59*	1,17	79,3	E
9	41,62	82,18	-1,55	1,66	0,11	0,49	34,6	C
10	38,65	65,40	-0,08	1,17	1,09	1,04	45,8	C
11	42,64	93,14	-0,64	1,57	0,93	1,19	82,1	C
12	37,04	72,19	1,66	-0,59*	1,07	0,78	22,4	C
13	40,17	86,23	-0,17	1,28	1,11	1,15	84,6	C
14	40,58	85,17	-0,60	1,47	0,87	1,01	81,1	C
15	49,58	111,30	-0,32	1,81	1,49	1,62*	72,3	B
16	28,81	54,62	0,62	0,39	1,04	0,76	32,4	C
17	49,11	102,38	-1,08	1,88	0,79	1,16	51,2	C
18	49,62	102,78	-0,01	1,01	0,99	0,94	65,9	C
19	25,25	52,69	0,10	0,27	0,37	0,35*	25,0	D
20	24,29	41,84	-0,53	0,37	-0,15*	-0,07*	1,73	D
21	22,99	36,30	-0,13	1,24	1,12	1,07	60,2	C

¹ Conforme Annichiarico (1992)

² Grupo conforme Toler (1990).

Os clones 3 e 15, classificados em B, apresentam estimativa de $\beta > 1$, sendo, portanto, adaptados a ambientes de alta qualidade e muito responsivos (Tabela 6). Esses clones estão associados a médias elevadas, uma vez que os mesmos estiveram entre os de maior incremento médio anual. Esse resultado confirma o que foi observado na idade de três anos, quando a média dos clones do grupo B foi a maior. Já os clones 19 e 20, foram classificados no grupo D, pois $\beta < 1$. Tais clones estão associados a médias baixas, conforme pode ser observado na Tabela 6. Os demais clones, com estimativas iguais a unidade, foram agrupados em C. Esses materiais têm padrão de resposta médio em todos ambientes.

Além de responsivo, espera-se que o genótipo tenha uma alto desempenho médio ao longo dos ambientes contrastantes. Uma alternativa é selecionar os genótipos de melhor desempenho na média dos ambientes. Os doze clones avaliados aos três anos com maiores médias estão apresentados na Tabela 5. Constata-se que os dois materiais mais produtivos, clones 109 e 75, pertencem ao grupo A, isto é, possui padrão convexo de resposta, apresentando desempenho consistente em ambientes desfavoráveis ($\mu_j < 0$) e responsividade a melhoria do ambiente ($\mu_j > 0$). Além disso, tais clones têm índice de confiabilidade de 132% e 108%, respectivamente, indicando que esses materiais na pior das hipóteses superam em 32% e 8% a média geral dos ambientes. Observou-se que, dentre os doze melhores clones, a maioria pertence ao grupo B, confirmando as médias de cada grupo contidas na Tabela 4. Para os clones avaliados aos seis anos, foi observado que o clone 1, pertencente ao grupo A, apresentou índice de confiabilidade de apenas 78,08%, indicando que o mesmo está 22% abaixo da média geral dos ambientes. Os clones 3 e 15, do grupo B, apresentaram valores superiores a 100% (Tabela 6).

4. CONCLUSÕES

A interação entre clones e ambientes foi significativa, sendo mais acentuada no experimento com maior número de clones. A estimativa do componente de variância da interação (σ^2_{GA}), nesse caso, correspondeu a 60,7% da variância genética entre clones (σ^2_G).

A interação clones x ambientes teve reflexo na seleção, pois a resposta correlacionada pela seleção em um ambiente e resposta em outro sempre foi inferior ao ganho da seleção direta. Todavia, mesmo na resposta correlacionada, o ganho percentual foi expressivo, indicando ser possível a identificação de clones com ampla adaptação.

A metodologia de Toler (1990) de análise da estabilidade fenotípica permitiu a classificação dos clones em cinco grupos em função do seu padrão de resposta. A maioria dos clones, nas duas idades, apresentou comportamento explicado com apenas um segmento de reta, ou seja, padrão de resposta semelhante nos ambientes favoráveis e desfavoráveis. No entanto, foi possível identificar clones com resposta bissegmentada duplamente desejável nas duas idades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal Genetics Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 38, n. 219, p. 422-430, maio/jun. 1991.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista**

- Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 567-580, abr./jun. 1989.
- EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, Jan./Feb. 1966.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Longman: Malasya, 1996. 464 p.
- GONÇALVES, F. M. A. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em “safrinha” no período de 1993 a 1995**. 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- KANG, S. K. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. **Advances in Agronomy**, New York, v. 62, p. 199-252, 1998.
- LYNCH, M. C.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 980 p.
- MORI, E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação genética e interação progênes x locais em *Eucalyptus urophylla*. **IPEF**, Piracicaba, v. 39, p. 53-63, dez. 1986.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Editora UFLA, 2000. 326p.
- ROSSE, L. N. **Modelo de regressão não-linear aplicado na avaliação da estabilidade fenotípica em plantas**. 1999. 179 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- TOLER, J. E. **Patterns of genotypic performance over environmental arrays**. 1990. 154 p. (Thesis - Ph.D.) – Clemson University, Clemson.
- TOLER, J. E.; BURROWS, P. M. Genotypic performance over environmental arrays: A non-linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, Abingdon, v. 25, n. 1, p. 131-143, Feb. 1998.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.