

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado

Adaptability and stability of soybean genotypes using univariate and multivariate methods

Hélio Bandeira Barros¹, Tuneo Sedyama², Aurélio Vaz de Melo¹, Rodrigo Ribeiro Fidelis¹ e Aristóteles Capone^{1*}

¹Departamento de Agronomia; Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil.

²Departamento de Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; 36570-000; Viçosa - MG - Brasil.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the productivity, stability and adaptability of 29 soy genotypes [Glycine max (L.) Merr.] in six environments at the state of Mato Grosso. The experiments were laid out in a complete randomized blocks scheme with four replicates. The tests were carried out at 2004/05 agricultural year at the municipalities of Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia and Vera. The stability and adaptability were evaluated according to the methods developed by Annicchiarico (1992) and Centroid method (Rocha et al., 2005). The mean yielding was 3054 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) to 3746 kg ha⁻¹ (Nova Brasilândia) with general mean among environments equal to 3292 kg ha⁻¹. The lines SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280 and SL310 were classified by having the highest yielding, adaptability and stability according to the methodologies developed by Annicchiarico and Centroid, which indicate a consistency among the methodologies used. The lines SL 1831, SL 627, SL 2280 and SL310 were recommended for a wide range of environmental conditions and the line SL 818 was recommended to specific conditions of favorable environments.

Key-words: *Glycine max*, productivity, stability, adaptability, uni-multivariate

INTRODUÇÃO

Para a produtividade de grãos, o fenótipo de soja a ser selecionado depende do genótipo, do ambiente e da interação do genótipo x ambiente. Essa interação ocorre devido à inconsistência do desempenho dos genótipos nos vários ambientes, refletindo nas diferentes respostas dos genótipos às mudanças ambientais. Considerando as inúmeras variações ambientais em que a soja é comumente submetida, é esperado que a interação genótipos x ambiente assuma papel fundamental na manifestação fenotípica, devendo, portanto, ser estimada e considerada no programa de melhoramento genético e na indicação de cultivares (Prado et al., 2001).

Segundo Ramalho et al. (1993), quando o comportamento de duas cultivares são concordantes em dois ambientes distintos, a

interação é chamada de interação simples, não acarretando maiores problemas. Entretanto, quando as cultivares possuem comportamento diverso, a interação é denominada complexa. Considerando um número maior de ambientes e de cultivares, a presença de interação complexa quase sempre indica a existência de cultivares especificamente adaptadas a ambientes particulares, bem como de outras com adaptação mais ampla, porém sem alto potencial produtivo.

Em um programa de melhoramento, a avaliação de genótipos visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes é considerada por muitos autores como uma das etapas mais importante, trabalhosa e onerosa (Silva e Duarte, 2006; Maia et al., 2006; Rocha et al., 2005; Nunes et al., 2002; Prado et al., 2001; Atroch et al., 2000; Farias et al., 1997). Isso

porque exige a condução de experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais. Existem disponíveis na literatura vários métodos para estudo e quantificação da interação genótipo x ambiente: O método tradicional, (Plaisted e Peterson, 1959; Finlay e Wilkinson, 1963; Wricke, 1965; Eberhart e Russell, 1966; Perkins e Jinks, 1968; Freeman e Perkins, 1971; Taí, 1971; Verma et al., 1978; Silva e Barreto, 1986; Lin e Binns, 1988; Cruz et al., 1989; Annicchiarico, 1992). A diferença entre os métodos origina-se nos próprios conceitos de estabilidade e nos procedimentos biométricos empregados para medi-la.

Metodologias baseadas em componentes principais, embora rotineiramente utilizadas em programas de melhoramento em estudos de diversidade genética, são pouco utilizadas em estudos da interação genótipo x ambiente (Rocha et al., 2005). Neste trabalho, a metodologia baseada nos componentes principais denominada de Centróide, foi utilizada para representar a variação do desempenho dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano com poucos eixos, o que permite uma análise simultânea do desempenho de um número elevado de genótipos

em virtude da facilidade de interpretação dos resultados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, com base na produtividade, na estabilidade e na adaptabilidade, 29 genótipos de soja sendo 25 linhagens de ciclo tardio e quatro cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Annicchiarico (1992) e Centróide.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos ensaios finais de competição de genótipos de soja de ciclo tardio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, no ano agrícola de 2004/05, nas localidades de Campo Verde, Nova Brasilândia, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos três ensaios, denominados Rondonópolis I, II e III, que corresponderam a diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados 29 genótipos, dos quais quatro cultivares padrão (Emgopa 315; M-Soy 8914; Tucano e Uirapuru).

Tabela 1. Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo tardio, no Estado do Mato Grosso.

Ambiente	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Data de semeadura
Rondonópolis I	227	16°28'15" S	54°38'08" W	07/11/2004
Rondonópolis II	227	16°28'15" S	54°38'08" W	29/11/2004
Rondonópolis III	227	16°28'15" S	54°38'08" W	19/12/2004
Nova Brasilândia	540	14°57'25" S	54°57'56" W	04/12/2004
Campo Verde	736	15°32'48" S	55°10'08" W	14/12/2004
Vera	383	12°18'21" S	55°19'01" W	17/11/2004

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro fileiras de plantas (5 m), espaçadas em 0,45 m entre as fileiras. A área útil da parcela foi de 3,6 m^2 , sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais, seguindo-se uma análise de variância conjunta. A fim de implementar tais análises, utilizou-se o aplicativo computacional em genética e estatística - GENES (Cruz, 2001). Na análise conjunta, avaliou-se primeiramente a homogeneidade das

variâncias residuais dos experimentos (QMR), verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual dos ensaios (4,1252). Segundo Pimentel-Gomes (1990), as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é $\leq 7,0$.

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Annicchiarico (1992) e Centróide.

O método de Annicchiarico (1992) baseia-se no chamado índice de confiança genotípico, estimado por: $W_{i(g)} = \hat{\mu}_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{Z_{i(g)}}$, considerando-se todos os ambientes, em que $\hat{\mu}_{i(g)}$ é a média

percentual dos genótipos i ; $\hat{\sigma}_{Z_{1(g)}}$ é o desvio padrão dos valores de Z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo; $Z_{(1-\alpha)}$ é o percentil da função de distribuição normal padrão. O coeficiente de confiança adotado foi de 75%, ou seja, $\alpha = 0,25$.

O método centróide, segundo Rocha et al. (2005), baseia-se na comparação de valores da distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade. O ideótipo de máxima adaptabilidade geral é aquele que apresenta os valores máximos observados para todos os ambientes estudados (ideótipo I). Os ideótipos de máxima adaptabilidade específica são aqueles que apresentam máxima resposta em ambientes favoráveis e mínima resposta em ambientes desfavoráveis (ideótipo II) ou máxima resposta em ambientes desfavoráveis e mínima em ambientes favoráveis (ideótipo III). O ideótipo de mínima adaptabilidade é aquele que apresenta os menores valores em todos os ambientes estudados (ideótipo IV). Para utilização desse método, os ambientes foram classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson, (1963).

$$I_j = \frac{1}{g} \sum_i Y_{ij} - \frac{1}{ag} Y_{..}$$

Tabela 2. Produtividade média de grãos ($\bar{Y}_{.j}$), variância residual (QMR) e coeficiente de variação (CV) de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo tardio, no Estado do Mato Grosso.

Ambiente	$\bar{Y}_{.j}$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I *	3122,4	106432,6344	10,45
Rondonópolis II	3155,8	136261,9230	11,70
Rondonópolis III	3053,9	115878,7830	11,15
Nova Brasilândia	3745,9	285335,2684	14,26
Campo Verde	3401,1	229429,6182	14,08
Vera	3274,9	69168,4747	8,03

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Todos os pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa (Tabela 4), ou seja, houve inconsistência na superioridade do genótipo com a variação ambiental, o que

Em que: Y_{ij} : média do genótipo i , no ambiente j ; $Y_{..}$: total das observações; a : número de ambientes; g : número de genótipos.

Após a classificação dos ambientes, foram criados pontos referenciais, os ideótipos de resposta diferenciada a ambientes favoráveis e desfavoráveis, visando à classificação dos outros pontos do gráfico considerando os valores de distância cartesiana entre os pontos a cada um dos quatro ideótipos. Uma medida de probabilidade espacial pode ser calculada utilizando o inverso da distância entre um tratamento aos quatro ideótipos:

$$P_{d(i,j)} = \frac{\left[\frac{1}{d_i} \right]}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Em que: $P_{d(i,j)}$ = probabilidade de apresentar padrão de estabilidade semelhante ao j -ésimo centróide; d_i = distância do i -ésimo ponto ao j -ésimo centróide.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,03 a 14,26% (Tabela 2), indicando precisão no controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é uma característica quantitativa muito influenciada pelo ambiente. Segundo Carvalho et al. (2003), o coeficiente de variação máximo para produtividade de grãos de soja a campo é de 16%.

dificulta a indicação das cultivares e linhagens (Cruz e Castoldi, 1991; Vencovsky e Barriga, 1992), pois não se pode, nessas circunstâncias, fazer uma recomendação uniforme para todos os locais, sem prejuízo considerável na produção obtida, relativamente à produção possível.

Tabela 3. Análise conjunta de variância da produtividade de grãos (kg ha⁻¹), de 29 genótipos de soja avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	18	6578080,2844	365448,9046	-	-
Ambientes (A)	5	37381729,6681	7476345,9336	20,457	<0,000
Genótipos (G)	28	30873358,6178	1102619,9506	2,546	<0,000
Interação GxA	140	60621780,6235	433012,7187	2,756	<0,000
Erro médio	504	214625512,1594	157084,4503	-	-

Tabela 4. Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambiente, segundo metodologia de Cruz e Castoldi (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, no Estado do Mato Grosso.

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	-0,1605	92,986
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,1345	72,117
Rondonópolis I e Nova Brasilândia	-0,0715	81,903
Rondonópolis I e Campo Verde	-0,1964	76,519
Rondonópolis I e Vera	-0,0122	89,976
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,4026*	76,688
Rondonópolis II e Nova Brasilândia	0,2621	84,816
Rondonópolis II e Campo Verde	0,1389	85,668
Rondonópolis II e Vera	0,1002	94,166
Rondonópolis III e Nova Brasilândia	0,3207	82,316
Rondonópolis III e Campo Verde	0,2216	83,974
Rondonópolis III e Vera	0,3604	77,295
Nova Brasilândia e Campo Verde	0,3008	80,317
Nova Brasilândia e Vera	0,3173	78,956
Campo Verde e Vera	0,5351**	53,952

** , *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

A produtividade média de grãos variou de 3054 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) a 3746 kg ha⁻¹ (Nova Brasilândia), com média geral entre os ambientes de 3292 kg ha⁻¹ (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem SL 818 (4333 kg ha⁻¹), entretanto, a maior média em todos os

ambientes foi obtida pela linhagem SL 1831(3776 kg ha⁻¹). A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem SL 216 (2211 kg ha⁻¹), no entanto, a menor produtividade média em todos os ambientes foi obtida pela cultivar padrão Tucano (2895 kg ha⁻¹).

Tabela 5. Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo tardio em seis ambientes, em Mato Grosso*.

Genótipos	Ambientes						Média
	RON. I	RON. II	RON. III	N. BRAS.	C. VERDE	VERA	
SL 1	2894	3240	2897	3339	2783	3092	3041
SL 6	2974	2927	3266	3032	3458	2888	3091
SL 33	3165	2534	3150	3728	3694	3797	3345
SL 64	3030	2957	2384	4088	2999	3182	3107
SL 112	3452	2816	3116	3065	3575	3482	3251
SL 213	3371	2947	3117	3287	2683	2971	3062

SL 216	2949	3080	2211	3338	3684	3416	3113
SL 221	3077	2958	3304	3841	2945	3726	3309
SL 310	3100	3073	3253	4008	3995	3642	3512
SL 508	3719	3009	2981	4096	2515	2669	3165
SL 609	2929	3038	2777	3589	4039	2880	3208
SL 627	3432	3110	3328	4075	3946	3606	3583
SL 628	3143	3233	3644	4084	2924	3158	3364
SL 630	3241	2722	3046	3485	4201	3402	3350
SL 817	3075	3470	2902	3952	3405	3327	3355
SL 818	2999	2562	2719	4333	3720	3477	3302
SL 915	3133	3266	2714	2934	2502	2917	2911
SL 918	3096	3136	2898	4128	3623	3384	3377
SL 922	3151	3207	2603	3747	2977	3091	3129
SL 1683	2957	3005	3346	3984	3431	2955	3280
SL 1831	3311	3861	3576	3977	4134	3796	3776
SL 1923	3124	3783	3841	4220	3753	3447	3695
SL 2145	2886	3460	3144	4194	3622	3196	3417
SL 2253	3008	3863	2951	3866	4093	3150	3488
SL 2280	2952	3557	3607	3855	3551	3575	3516
EMGOPA 315	3088	3426	3240	3685	2881	3115	3239
M-SOY 8914	2956	2943	2765	3829	3346	3002	3140
TUCANO	3269	2847	2502	3016	2771	2967	2895
UIRAPURU	3072	3490	3284	3858	3384	3664	3459
Média	3122	3156	3054	3746	3401	3275	3292

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 798,623 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 1045,522 kg ha⁻¹. C.V. (%) = 12,08.

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al., 2005), encontram-se na Tabela 6.

No método proposto por Annicchiarico, a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. O método baseia-se na estimação de um índice de confiança de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior.

Com base no índice de confiança ou de recomendação, pode-se indicar as linhagens: SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280, SL 310, SL 2253, SL 2145, SL 918 e SL 817, além da cultivar Uirapuru, considerando a sua produtividade em todos os ambientes, ou seja, adaptabilidade geral. Nos ambientes classificados como favoráveis

(Nova Brasilândia e Campo Verde) as linhagens SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280, SL 310, SL 2253, SL 2145, SL 918, SL 817, SL 630, SL 33, SL 1683, SL 818 e SL 609, além da cultivar Uirapuru, apresentaram comportamento mais estável e com probabilidade de apresentar produtividade superior a média de cada ambiente. Nos ambientes classificados como desfavoráveis (Rondonópolis I, II, II e Vera) destacaram-se as linhagens: SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280, SL 310, SL 628 e SL 221, além da cultivar Uirapuru.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centróide diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo

que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha et al., 2005).

Tabela 6. Produtividade média (kg ha⁻¹), Índice de confiança W_i (geral, favorável e desfavorável) e a classificação dos genótipos em um dos quatro grupos caracterizados pelos centróides e a probabilidade associada a sua classificação dos genótipos de soja de ciclo tardio, em Mato Grosso.

Genótipos	Média	Annicchiarico (1992) ^{1/}			Centróide ^{2/}				
		W_i Geral	W_i fav.	W_i desf.	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
SL 1831	3776	112,87	110,88	113,48	I	0,564	0,150	0,171	0,115
SL 1923	3695	109,75	111,05	109,43	I	0,477	0,176	0,207	0,140
SL 627	3583	107,17	111,00	105,35	I	0,395	0,242	0,197	0,166
SL 2280	3516	104,71	103,36	105,86	I	0,358	0,203	0,260	0,179
SL 310	3512	104,42	110,21	101,82	I	0,350	0,272	0,198	0,180
SL 2253	3488	102,47	108,45	99,33	I	0,331	0,276	0,204	0,189
UIRAPURU	3459	103,58	100,56	105,43	I	0,320	0,214	0,269	0,197
SL 2145	3417	101,46	108,16	98,62	I	0,307	0,287	0,207	0,200
SL 918	3377	100,72	107,64	98,23	II	0,276	0,318	0,196	0,210
SL 628	3364	99,22	93,04	101,97	III	0,275	0,218	0,284	0,223
SL 817	3355	100,33	101,75	99,52	I	0,276	0,268	0,230	0,226
SL 630	3350	98,24	102,37	96,14	II	0,266	0,319	0,198	0,217
SL 33	3345	98,21	102,31	96,14	II	0,267	0,281	0,222	0,230
SL 221	3309	97,87	91,48	101,08	III	0,250	0,219	0,287	0,243
SL 818	3302	95,99	111,31	90,21	II	0,223	0,404	0,164	0,208
SL 1683	3280	97,45	102,55	95,13	II	0,257	0,292	0,216	0,235
SL 112	3251	96,12	88,96	99,51	III	0,236	0,233	0,267	0,263
EMGOPA									
315	3239	96,30	88,90	100,46	III	0,230	0,211	0,299	0,260
SL 609	3208	94,24	102,84	91,24	II	0,215	0,385	0,171	0,229
SL 508	3165	91,54	84,79	94,14	IV	0,212	0,240	0,249	0,298
M-SOY 8914	3140	93,91	99,54	92,04	II	0,200	0,327	0,189	0,283
SL 922	3129	92,99	91,35	93,46	IV	0,198	0,259	0,222	0,322
SL 216	3113	90,86	94,99	88,40	II	0,199	0,314	0,194	0,294
SL 64	3107	91,05	94,61	89,00	II	0,192	0,312	0,190	0,306
SL 6	3091	91,74	87,29	93,59	IV	0,208	0,242	0,244	0,305
SL 213	3062	90,62	81,60	96,35	IV	0,179	0,195	0,278	0,348
SL 1	3041	90,71	84,07	94,94	IV	0,180	0,207	0,256	0,357
SL 915	2911	85,73	75,03	93,36	IV	0,149	0,172	0,248	0,431
TUCANO	2895	85,71	80,80	89,27	IV	0,131	0,175	0,184	0,509

^{1/} Alfa = 0,25; Z(1-alfa) = 0,2734; ^{2/} Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-); Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

Após a classificação dos ambientes, os ideótipos estimados com base nos dados originais foram acrescidos na análise (Tabela 7). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo utilizou-se a análise de componentes principais envolvendo os 29 genótipos iniciais e quatro outros representativos, que na análise gráfica, representam os quatro centróides em torno dos

quais foi avaliada a dispersão dos demais. A obtenção dos autovalores via metodologia dos componentes principais, partindo dos dados originais incluídos os ideótipos, mostram que apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções superiores a 67% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da

variação total, a avaliação da posição dos bidimensionais (Gráfico 1).
genótipos pode ser feita por meio de gráficos

Tabela 7. Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo tardio, na safra 2004/2005 em Mato Grosso

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipo I	Ideótipo II	Ideótipo III	Ideótipo IV
Rond. I	3122	-169,97	3719	2886	3719	2886	3719	2886
Rond. II	3156	-136,54	3863	2534	3863	2534	3863	2534
Rond. III	3054	-238,41	3841	2211	3841	2211	3841	2211
N. Brás.	3746	453,58	4333	2934	4333	4333	2934	2934
C. Verde	3401	108,78	4201	2502	4201	4201	2502	2502
Vera	3275	-17,42	3797	2669	3797	2669	3797	2669

Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++); Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

Tabela 8. Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes

Raiz	Raiz (%)	% Acumulada
2,52009	42,00152	42,00152
1,50599	25,09991	67,10144
0,70239	11,70657	78,80802
0,60079	10,01328	88,82131
0,37914	6,31913	95,14045
0,29157	4,85955	100,0

I – Adap. geral; II – Adap. esp. favorável; III – Adap. esp. desfavorável e IV – Pouco

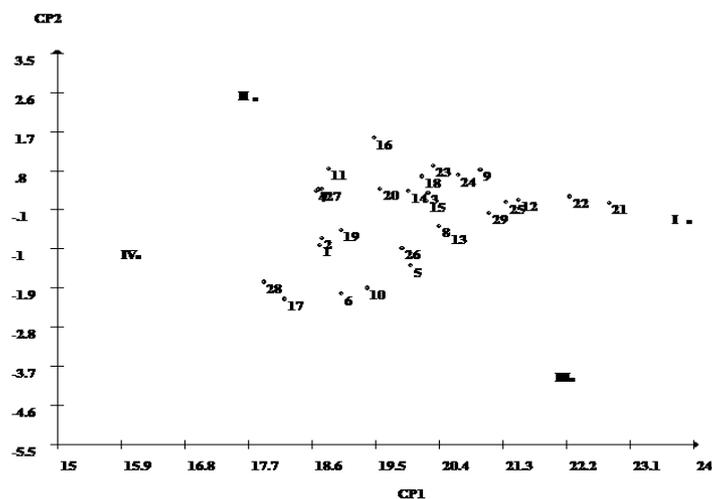


Gráfico 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 29 genótipos de soja de ciclo tardio avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: **1** - SL 1; **2** - SL 6; **3** - SL 33; **4** - SL 64; **5** - SL 112; **6** - SL 213; **7** - SL 216; **8** - SL 221; **9** - SL 310; **10** - SL 508; **11** - SL 609; **12** - SL 627; **13** - SL 628; **14** - SL 630; **15** - SL 817; **16** - SL 818; **17** - SL 915; **18** - SL 918; **19** - SL 922; **20** - SL

A análise visual de gráficos de componentes principais permite avaliar que os genótipos apresentam distribuição heterogênea para a produtividade de grãos e que existem pontos de

maior proximidade a todos os quatro centróides, possibilitando uma recomendação de genótipos de adaptabilidade geral ou recomendação de genótipos de adaptabilidade específica a um subgrupo de ambientes (Carvalho et al., 2002). As linhagens 21 (SL 1831) e 22 (SL 1923) foram classificadas como sendo de adaptabilidade geral por localizarem-se mais próximos do ideótipo I. Entretanto, a maioria dos pontos (genótipos) foram plotados na região central do gráfico, dificultando a classificação. Neste caso, utilizou-se o inverso do valor da distância entre um ponto aos quatro centróides como estimativa da confiabilidade de agrupamento dos genótipos (Rocha et al., 2005). Dessa maneira, um ponto equidistante aos quatro pontos referenciais apresenta valores de probabilidade de 25% de pertencer a qualquer um dos grupos e, portanto, quanto mais o valor de probabilidade diferir de 25%, maior será a certeza em concluir o agrupamento do genótipo. Segundo Rocha et al., (2005), valores de probabilidade próximos ou superiores a 50% indicam boa confiabilidade no agrupamento.

Na Tabela 6 são apresentadas às classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada às suas classificações. Pelo método Centróide as linhagens SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280, SL 310, SL 2253, SL 2145 e SL 817 além da cultivar Uirapuru, foram classificadas com sendo de ampla adaptabilidade e estabilidade, destacando-se as linhagens SL 1831 e SL 1923. Para condições específicas de ambientes desfavoráveis, foram classificadas as linhagens SL 918, SL 630, SL 33, SL 818, SL 1683, SL 609, SL 216 e SL 64, além da cultivar M-Soy 8914. Já para condições específicas de ambientes desfavoráveis, foram classificadas por essa metodologia as linhagens SL 628, SL 221 e SL 112 e a cultivar Emgopa 315.

Observa-se no gráfico de dispersão (Gráfico 1) e na Tabela 6 uma tendência de aumento na média de produtividade dos genótipos de soja à medida que estes se aproximam do centróide I (adaptabilidade geral). De acordo com Rocha et al., (2005), quanto menor for a diferença entre um genótipo qualquer e o ideótipo I, menor será a diferença entre este e o genótipo de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja necessariamente associada ao melhor desempenho.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida pelo método

Centróide com classificação obtida pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992), observa-se que houve coincidência na classificação dos genótipos para amplas condições ambientes (alta estabilidade e adaptabilidade geral) e para condições específicas de ambientes favoráveis e desfavoráveis.

CONCLUSÕES

Houve coerência na classificação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos pelas metodologias analisadas;

As linhagens de soja SL 1831, SL 627, SL 2280 e SL 310 apresentaram melhor comportamento para amplas condições ambientais e a linhagem SL 818 para condições específicas de ambientes favoráveis, tendo em vista a produtividade de grãos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro em forma de bolsa (Doutorado) e as Empresas Bacuri/Soygene e Sales Agropecuária pela condução dos ensaios de campo.

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a produtividade, a estabilidade e a adaptabilidade de 29 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no Estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com quatro repetições. Os ensaios foram conduzidos no ano agrícola de 2004/05 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizou-se os métodos de Annicchiarico (1992) e Centróide. O rendimento médio de grãos foi de 3054 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) a 3746 kg ha⁻¹ (Nova Brasilândia), com média geral entre os ambientes de 3292 kg ha⁻¹. Com base nas metodologias de Annicchiarico e Centróide, as linhagens SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280 e SL 310 foram classificadas como as mais produtivas, adaptadas e estáveis, havendo, portanto, coerência entre tais metodologias. Foram recomendadas as linhagens de soja SL 1831, SL 627, SL 2280 e SL 310 para amplas condições ambientais e a linhagem SL 818 para condições específicas de ambientes favoráveis, tendo em vista a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, Produtividade, estabilidade, adaptabilidade, uni-multivariada

REFERÊNCIAS

- Annicchiarico, P. (1992), Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Breeding*, **46**, 269-278.
- Atroch, A. L.; Soares, A. A.; Ramalho, M. A. P. (2000), Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, **24**, 541-548.
- Carvalho, C. G. P.; Arias, C. A. A.; Toledo, J. F. F.; Almeida, L. A.; Kiihl, R. A. S.; Oliveira, M. F.; Hiromoto, D. M.; Takeda, C. (2003), Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **38**, 187-193.
- Carvalho, H. W. L.; Silva, M. L.; Cardoso, M. J.; Santos, M. X.; Tabosa, J. N.; Carvalho, C. L.; Lira, M. A. (2002), Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **37**, 1581-1588.
- Cruz, C. D. (2001), Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística, Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. 542p.
- Cruz, C. D. and Castoldi, F. L. (1991), Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, **38**, 422-430.
- Cruz, C. D.; Torres, R. A.; Vencovsky, R. (1989), An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*, **12**, 567-580.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. (1966), Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, **6**, 36-40.
- Farias, F. J. C.; Ramalho, M. A. P. R.; Carvalho, L. P.; Moreira, J. A. N.; Costa, J. N. (1997), Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **32**, 407-414.
- Finlay, K. W. and Wilkinson, G. N. (1963), The analysis of adaptation in plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, **14**, 742-754.
- Freeman, G. H. and Perkins, J. M. (1971), Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. *Heredity*, **27**, 15-23.
- Lin, C. S. and Binns, M. R. (1988), A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, **68**, 193-198.
- Maia, M. C. C.; Vello, N. A.; Rocha, M. M.; Pinheiro, J. B.; Silva Junior, N. F. (2006), Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. *Bragantia*, **65**, 215-226.
- Nunes, G. H. S.; Rezende, G. D. S. P. M.; Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B. S. (2002), Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. *Cerne*, **8**, 49-58.
- Perkins, J. M. e Jinks, J. L. (1968), Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity*, **23**, 339-356.
- Pimentel-Gomes, F. (1990), Curso de estatística experimental. 13Ed. Piracicaba – SP: Nobel. 468p.
- Plaisted, R. L. and Peterson, L. C. (1959), A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, **36**, 381-385.
- Prado, E. E. P.; Hirimoto, D. M.; Godinho, V. P. C.; Utumi, M. M. Ramalho, A. R. (2001), Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **36**, 625-635.
- Ramalho, M. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. (1993), Interação dos genótipos por ambientes. In: Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. UFG, Goiânia, **1**, 137-170.

- Rocha, R. B.; Muro-Abad, J. I.; Araujo, E. F.; Cruz, C. D. (2005), Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, **15**, 255-266.
- Silva, W. C. J. and Duarte, J. B. (2006), Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **41**, 23-30.
- Silva, J. G. C. and Barreto, J. N. (1986), An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. *Biometrics*, **41**, 1093-1093.
- Tai, G. C. C. 1971. Genotype stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*, **11**, 184-190.
- Verma, M. M.; Chahal, G. S.; Murty, B. R. (1978), Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, **53**, 89-91.
- Vencovsky, R. and Barriga, P. (1992), Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética. 486p.
- Wricke, G. (1965), Zur Berechnung der Ökivalenz bei Sommerweizen und Hafer. *Zeitschrift für Pflanzzüchtung*, **52**, 127-138.