

ANÁLISE DE ADAPTAÇÃO E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA NO ESTADO DO PARANÁ¹

LUÍS FERNANDO ALLIPRANDINI², JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO³, NELSON S. FONSECA JUNIOR⁴, LEONES ALVES DE ALMEIDA e ROMEU AFONSO DE SOUZA KIIHL³

RESUMO - No Paraná, com mais de dois milhões de hectares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) plantados, a obtenção de variedades produtivas, estáveis e adaptadas é importante para assegurar o sucesso da cultura. Para a análise da estabilidade e adaptabilidade foram utilizados, conjuntamente, os métodos de regressão única e regressão segmentada. As estimativas foram feitas com dados dos ensaios intermediários e finais de linhagens de soja do Estado, grupos de maturação precoce (L), semi-precoce (M) e médio (N), no período de 1987 a 1990. Dos 14 genótipos avaliados, Lancer, OCEPAR-11 e FT-2, respectivamente dos grupos L, M e N, foram mais estáveis. Considerando o coeficiente de regressão (b) e a média de produtividade, FT83-934 e OCEPAR-14 (L), BR85-18565 e OCEPAR-13 (M), e OC87-216 (N) mostraram média responsividade e melhor adaptação a todos os ambientes. OCEPAR-11 foi altamente responsivo à melhoria ambiental, sendo medianamente adaptado a ambientes desfavoráveis e mais bem adaptado a ambientes favoráveis. A regressão única explicou satisfatoriamente a estabilidade e a regressão segmentada foi útil para a classificação dos genótipos em cada ambiente. Considerando-se os conceitos empregados para adaptação e estabilidade, houve ganho na qualidade de informação com o uso das duas regressões, comparativamente à obtida de cada uma isoladamente.

Termos para indexação: *Glycine max*, seleção, avaliação, plantas autógamas.

STABILITY AND ADAPTABILITY ANALYSIS OF SOYBEAN GROWN IN PARANA STATE

ABSTRACT - The stability and adaptability analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars in Parana State is important to assure the release of good cultivars. The estimates were obtained from data of the intermediate and final soybean yield trials carried out from 1987 to 1990. Genotypes of three maturity groups, early (L), semi-early (M) and medium (N), were analyzed. The simple regression and bi-segmented regression methods were jointly used to allow a good classification of the genotypes. Out of the 14 materials assessed, Lancer in group L, OCEPAR-11, M, and FT-2, N, were considered the most stable. Considering the regression coefficient (b) and the yield mean, genotypes FT83-934 and OCEPAR-14 (L), BR85-18565 and OCEPAR-13 (M), and OC87-216 (N) showed medium responsiveness and good adaptation to all the environments. Genotypes FT82-7099 (M), FT-10 and FT-2 (N) were considered moderately adapted and moderately responsive to the improvements made in the environment. OCEPAR-11 was considered highly responsive and medially adapted to unfavorable environments. The simple regression explained satisfactorily the stability and the bi-segmented regression was useful to classify the genotypes in each environment. Under the concepts used in this work, the quality of information obtained by the simultaneous use of both procedures was improved.

Index terms: *Glycine max*, selection, yield trials, autogamous species.

¹ Aceito para publicação em 12 de fevereiro de 1998.

Extraído da dissertação apresentada pelo primeiro autor à UEL, Londrina, PR.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina, PR.

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-CNPSo. E-mail: toledo@cnpso.embrapa.br

⁴ Eng. Agr., M.Sc., IAPAR, Caixa Postal 1331, CEP 86001-970 Londrina, PR.

INTRODUÇÃO

A soja é amplamente cultivada no Sul do país, onde encontra considerável diversidade de ambientes. Atualmente, no Estado do Paraná, cultiva-se mais de dois milhões de hectares, representando fator de grande importância econômica e social para a re-

gião. Nesse contexto, a obtenção de variedades produtivas, estáveis e adaptadas assume papel fundamental. Grande parcela do esforço para o melhoramento está concentrada na obtenção de variedades mais produtivas e com ampla faixa de adaptação, sem relegar a segundo plano objetivos específicos que visam sanar problemas locais ou regionais.

O conceito de estabilidade tem sido objeto de muita controvérsia entre melhoristas no decorrer dos anos; pode ser definido de várias maneiras, dependendo do ponto de vista do cientista em relação ao problema. De acordo com Lin et al. (1986), os diversos parâmetros estatísticos para cálculo de estabilidade recaem em três conceitos principais. Um genótipo pode ser considerado estável: (i) se sua variância entre ambientes for pequena; (ii) se a reta ajustada à sua resposta às variações ambientais for paralela à de todos os genótipos do teste; (iii) ou então, se o quadrado médio do resíduo do modelo de regressão sobre o índice ambiental for mínimo.

A segmentação da resposta ambiental em ambientes desfavoráveis e favoráveis foi proposta por Verma et al. (1978), como uma modificação do método de Eberhart & Russell (1966). Segundo os autores, seria difícil identificar o genótipo ideal, que deve ser pouco sensível às condições ambientais desfavoráveis, possuir uma média de produção alta e ser responsivo em ambientes favoráveis. Porém apresenta como desvantagem o fato de não utilizar o total de ambientes; separando ambientes favoráveis e desfavoráveis, reduzindo o número de pontos disponíveis para cada região do gráfico, diminuindo o número de graus de liberdade do resíduo e o coeficiente de determinação (R^2). Outros métodos, como o proposto por Silva & Barreto (1985), ajustam para cada genótipo uma curva única constituída de dois segmentos de reta, sendo a união dos segmentos correspondente ao valor zero do índice ambiental. A principal vantagem do método de Verma et al. (1978) é permitir que o ponto de interseção entre as duas retas seja flutuante, ou seja, não determina que sempre a inclinação da reta de regressão de uma determinada cultivar se estabeleça no ponto zero. A interseção fora dos limites observados do índice ambiental sugere que a reta única explica melhor a regressão (Fonseca Junior, 1987). Bilbro & Ray (1976) propuseram que o coeficiente

de regressão (b) deveria ser utilizado como um indicador de adaptação em vez de estabilidade, como utilizado por Finlay & Wilkinson (1963) e Eberhart & Russell (1966). Quanto à estabilidade, o uso de S^2_d seria apropriado quando analisado em conjunto com o coeficiente de determinação (R^2). Tais parâmetros dariam uma idéia de previsibilidade do genótipo nos ambientes. Alliprandini (1992) definiu estabilidade com base no coeficiente de determinação (R^2) e dos desvios de regressão (S^2_d), e adaptabilidade como consequência do desempenho do genótipo em relação à média dos genótipos avaliados e da responsividade medida pelo coeficiente de regressão.

Diversas comparações entre esses métodos foram realizadas, na tentativa de estabelecer o ideal para avaliações de estabilidade (Funnah & Mak, 1980; Peixoto et al., 1985; Riede & Barreto, 1985; Fonseca Junior, 1987; Duarte & Zimmermann, 1990; Mauro et al., 1990). No entanto, esses estudos muitas vezes demonstram pequenas diferenças entre os resultados obtidos, gerando controvérsias quanto ao método a ser utilizado. Peixoto et al. (1985) concluíram que a adoção de um ou outro método depende dos coeficientes angulares e do nível de produtividade em que ocorrem as inclinações. Deve-se ainda acrescentar a importância do número de ambientes disponíveis para a análise, onde a existência de poucos ambientes limitaria o número de técnicas a serem utilizadas. Em muitos casos, a união de dois métodos auxilia a avaliação de materiais de maneira mais eficiente e segura, evidenciando a necessidade de mais estudos comparativos entre tais técnicas e uma correta definição do desempenho das cultivares em relação à adaptabilidade e estabilidade.

Este trabalho tem como objetivos avaliar a adaptação e estabilidade de cultivares de soja testados em diversas localidades do Estado do Paraná, utilizando-se dois métodos de análise de regressão e os conceitos de estabilidade e adaptação definidos por Alliprandini (1992).

MATERIAL E MÉTODOS

Linhagens e cultivares de soja pertencentes aos grupos de maturação precoce, semiprecoce e médio (Tabela 1), componentes dos ensaios intermediário e final do Estado

TABELA 1. Cultivares e linhagens avaliadas nos ensaios intermediários 87/88 e finais 88/89 e 89/90, utilizadas para análise, adaptação e estabilidade fenotípica. Embrapa-CNPSO, Londrina, PR.

Cultivares/linhagens	Genealogia	Grupo de maturação
Paraná (padrão)	Hill x D52-810	Precoce - L
Lancer (padrão)	N59-6800 x Hampton266	Precoce - L
FT83-934	FT-742 x Lancer	Precoce - L
OC85-08 (OCEPAR-14)	Davis x União	Precoce - L
Bragg (padrão)	Jackson x D49-2491	Semiprecoce - M
FT-6 (Veneza) (padrão)	FT-9510 x Prata	Semiprecoce - M
FT82-7099	FT-3 x União	Semiprecoce - M
OC86-102 (OCEPAR-13)	FT-2 x União	Semiprecoce - M
OC86-108	Seleção em Lancer	Semiprecoce - M
OC86-114 (Ocepar 11)	Davis x Paraná	Semiprecoce - M
BR85-18565	BR-6 x BR-4	Semiprecoce - M
FT-10 (Princesa) (padrão)	FT-9510 x Santana	Médio - N
FT-2 (padrão)	Seleção em IAS 5	Médio - N
OC87-216	OC-4 x FT79-664	Médio - N

do Paraná, foram avaliadas neste estudo. Os grupos precoce (representado pela letra L, com maturação de 110 a 115 dias), semiprecoce (M, 116 a 125 dias), e médio (N, 126 a 137 dias) representam juntos mais de 90% da soja plantada no Estado. O ensaio intermediário, em blocos ao acaso, com três repetições, foi realizado em Cambé, Cascavel, Londrina, Ponta Grossa e Sertaneja, em 1987/88, pela diversidade e representatividade de regiões ecológicas do Estado. Os ensaios finais, em blocos ao acaso, com quatro repetições, foram instalados nos municípios de Campo Mourão, Cascavel, Castro, Congonhas, Guarapuava, Londrina, Maringá, Palotina, Ponta Grossa e Sertaneja em 1988/89 e 1989/90.

Uma análise de variância conjunta foi realizada para cada grupo de maturação, para identificar os efeitos dos vários componentes experimentais do modelo, considerando-se os fatores local e ano como aleatórios, e genótipo como fixo. A técnica utilizada para determinar estabilidade e adaptação foi o método estatístico desenvolvido por Finlay & Wilkinson (1963), modificado por Eberhart & Russell (1966) e adaptado por Bilbro & Ray (1976), com adaptabilidade e estabilidade avaliadas também pelo método de Verma et al. (1978) e as modificações no conceito de adaptabilidade definidas por Alliprandini (1992).

A estabilidade e a adaptação foram calculadas com base no seguinte modelo:

$$Y_{ij} = m_i + b_i I_j + e_{ij}$$

onde: Y_{ij} é a média do i étimo genótipo no j étimo ambiente;

μ_i é a média do i étimo genótipo em todas as condições ambientais;

b_i é o coeficiente de regressão que mede a resposta do i étimo genótipo às variações do ambiente;

I_j é o índice ambiental, estimado como a diferença entre a média de todos os genótipos no j étimo ambiente e a média geral;

e_{ij} é o desvio de regressão do i étimo genótipo no j étimo ambiente.

O índice ambiental é utilizado como variável independente e a média do genótipo como variável dependente. Os desvios de regressão S^2_d e o coeficiente de determinação (R^2) foram utilizados como parâmetros de estabilidade, e a média do genótipo e seu coeficiente de regressão (b) como parâmetros de responsividade e de adaptação, sendo estimados pelas seguintes expressões:

$$R^2 = \Sigma.Q. \text{ da Regressão} / \Sigma.Q. \text{ total};$$

$$b_i = \Sigma_j Y_{ij} \cdot I_j / \Sigma_j I_j^2.$$

As hipóteses testadas em relação à adaptabilidade das variedades foram $H_0: b = 1$ versus $H_a: b \neq 1$. O teste estatístico utilizado foi:

$$t = |(b-1) / S_b|$$

com $n - 2$ graus de liberdade, sendo n o total de entradas para o teste. Tais valores foram testados pela tabela de t , bilateral a 5% de probabilidade.

O desvio de regressão de cada genótipo foi testado com relação ao quadrado médio residual de todos os locais (Tabela 2), tomando-se na tabela de F, n-2 graus de liberdade para o numerador.

A estabilidade é definida com base no coeficiente de determinação (R^2) e nos desvios de regressão (S^2_d). Foi considerada estável a cultivar cujo coeficiente de determinação foi próximo ao do genótipo com o maior R^2 encontrado. Também foi considerada estável a cultivar que obteve o menor quadrado médio dos desvios de regressão.

A adaptação é definida pela média geral do genótipo e de seu coeficiente de regressão (b). O coeficiente b mede a resposta do genótipo às variações do ambiente. Se $b=1,0$ o genótipo foi considerado de responsividade média; dado $b=1,0$, se o genótipo obteve produtividade acima da média de todos os outros do grupo, foi considerado mais bem adaptado a todos os ambientes. Se obteve média semelhante a de todos os genótipos, foi considerado medianamente adaptado e se possuiu média inferior, foi considerado como pouco adaptado a todos os ambientes.

Se $b>1,0$, o genótipo foi considerado muito responsivo ao ambiente; se $b<1,0$, considerado pouco responsivo ao ambiente. Também nesses casos, a classificação da adap-

tação fica sujeita a um exame da relação entre a média do genótipo e a de todos os genótipos testados, seguindo as mesmas condições usadas para $b=1,0$. Quando $b\neq 1,0$, a análise considera a partição dos ambientes, classificando-os em favoráveis e desfavoráveis, ou seja, utiliza a análise de Verma et al. (1978). O mesmo é feito quando o modelo de regressão fica mais bem ajustado em ambiente desfavorável e favorável, separadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância quanto à produção de grãos são apresentados na Tabela 2. Os efeitos de genótipos, ambientes e da interação genótipo x ambiente foram altamente significativos para todos os grupos de maturação, com exceção do efeito de genótipos não-significativo no grupo N, e da interação genótipo x ambiente, significativo em L. Tais resultados evidenciam que ambientes diferenciados e a presença de interações do tipo genótipo x ambiente representam fatores importantes na avaliação de cultivares no Estado do Paraná, e estão de acordo com Alliprandini et al. (1994), que destaca-

TABELA 2. Quadrados médios e testes F das análises de variância dos dados de produção dos ensaios intermediários 1987/88 e finais 1988/90, para análise de interação genótipo x ambiente. Grupos de maturação precoce (L), semiprecoce (M) e médio (N).

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	Teste	F
Grupo L (C.V. = 11,01%; $R^2 = 0,86$)				
Ambiente	24	M1 3432963	M1/M4	19,49**
Genótipo	3	M2 3261350	M2/M3	14,09**
Genótipo x ambiente	72	M3 231426	M3/M5	2,43*
Rep (ambiente)	70	M4 176110	M4/M5	1,85**
Erro médio	210	M5 95173	-	-
Grupo M (C.V. = 10,11%; $R^2 = 0,85$)				
Ambiente	24	M1 5824786	M1/M4	23,16**
Genótipo	6	M2 2627621	M2/M3	11,15**
Genótipo x ambiente	144	M3 235605	M3/M5	2,64**
Rep (ambiente)	70	M4 251435	M4/M5	2,81**
Erro médio	420	M5 89281	-	-
Grupo N (C.V. = 12,21%; $R^2 = 0,82$)				
Ambiente	24	M1 1929013	M1/M4	12,55**
Genótipo	2	M2 757275	M2/M3	2,38**
Genótipo x ambiente	48	M3 317036	M3/M5	2,56**
Rep (ambiente)	70	M4 153652	M4/M5	1,24**
Erro médio	210	M5 123766	-	-

** Significativo a 1%.

* Significativo a 5%.

- Não-significativo.

ram as interações de ano x local e ano x local x genótipo, como fatores essenciais no planejamento de experimentos no Estado. Dessa forma, as análises de adaptação e estabilidade tornam-se úteis para a seleção dos genótipos.

Os parâmetros para avaliação de estabilidade e adaptação de Eberhart & Russell (1966) são apresentados na Tabela 3. O emprego desse método auxilia na ordenação das informações disponíveis e facilita a identificação de genótipos produtivos e estáveis em relação às progressivas alterações ambientais. Deve-se lembrar, porém, que o conceito de estabilidade e adaptabilidade fica condicionado a uma comparação entre as linhagens e cultivares testadas em cada grupo de maturação, considerando-se todos os ambientes ou separando-os em favoráveis e desfavoráveis, segundo Verma et al. (1978).

A linhagem FT83-934 e as cultivares Lancer e Paraná, com valores 0,89 e 31.848, 0,91 e 33.439 e 0,81 e 32.246, respectivamente, para R^2 e S^2_d (regressão única de Eberhart & Russell, 1966), foram

consideradas estáveis (Tabela 3). O genótipo OCEPAR-14 foi considerado o mais instável do grupo, apresentando coeficiente de determinação $R^2 = 0,75$ (baixo) e $S^2_d = 68.947$ (elevado). A análise de Verma et al. (1978) revelou que o genótipo OCEPAR-14 demonstrou maior instabilidade apenas em ambientes favoráveis (Tabela 4).

Segundo o método de Eberhart & Russell (1966), a cultivar OCEPAR-11 foi caracterizada como mais estável no grupo M (Tabela 3), seguida por BR85-18565, FT82-7099, FT-6 e OCEPAR-13. A cultivar Bragg e OC86-108 foram consideradas mais instáveis. Pelo método de Verma et al. (1978), verificou-se que a instabilidade de Bragg ocorreu somente em ambientes favoráveis (Tabela 4).

Dos genótipos pertencentes ao grupo de maturação N (Tabela 3), a cultivar FT-2 mostrou-se mais estável que OC87-216 e FT-10 pelo método da regressão única. Quando dividiu-se a análise nos dois ambientes (Tabela 4), verificou-se que OC87-216 apresentou elevada instabilidade em ambientes desfavoráveis.

TABELA 3. Médias e coeficientes de regressão linear (b), coeficientes de determinação (R^2) e variâncias dos desvios da regressão (S^2_d) para análise de adaptação e estabilidade (Eberhart & Russell, 1966) em 25 ambientes no Estado do Paraná.

Grupos	Genótipos	b	R^2	S^2_d	Média (kg/ha)
L	OCEPAR-14	0,96 ^{ns}	0,75	68947 ^{**}	2989
	FT83-934	1,08 ^{ns}	0,89	31848 ^{ns}	2896
	Lancer	1,19 [*]	0,91	33439 ^{ns}	2795
	Paraná	0,77 ^{**}	0,81	32246 ^{ns}	2557
	Média	1,00	-	-	2809
M	BR85-18565	1,06 ^{ns}	0,88	34171 ^{ns}	3160
	OCEPAR-13	0,90 ^{ns}	0,75	58419 ^{ns}	3082
	OCEPAR-11	1,16 [*]	0,92	27301 ^{ns}	3080
	FT82-7099	0,91 ^{ns}	0,77	55650 ^{ns}	2988
	OC86-108	1,03 ^{ns}	0,74	81545 ^{**}	2883
	FT-6	0,92 ^{ns}	0,76	58374 ^{ns}	2845
	Bragg	1,01 ^{ns}	0,78	63215 ^{**}	2689
	Média	1,00	-	-	2961
N	OC87-216	1,03 ^{ns}	0,73	66408 ^{ns}	2983
	FT-10	1,03 ^{ns}	0,73	67332 ^{ns}	2831
	FT-2	0,94 ^{ns}	0,81	35361 ^{ns}	2819
	Média	1,00	-	-	2878

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

- Não-significativo.

TABELA 4. Médias e coeficientes de regressão linear (b), coeficientes de determinação (R²) e variâncias dos desvios da regressão (S²_d) para análise de adaptação e estabilidade, segundo modelo bi-segmentado (Verma et al., 1978) em 25 ambientes no Estado do Paraná.

Grupo	Genótipo	a	b	R ²	S ² _d	Média (kg/ha)
Ambiente desfavorável						
L	OCEPAR-14	3177	1,40*	0,91	18991 ^{ns}	2667
	FT83-934	2942	1,13 ^{ns}	0,74	42352 ^{ns}	2530
	Lancer	2609	0,78 ^{ns}	0,65	29863 ^{ns}	2326
	Paraná	2510	0,68*	0,73	16030 ^{ns}	2262
	Média (13) ¹	2809	1,00	-	72236	2446
M	OCEPAR-13	3079	0,78 ^{ns}	0,58	37821 ^{ns}	2790
	BR85-18565	3105	0,98 ^{ns}	0,64	45240 ^{ns}	2744
	OCEPAR-11	3203	1,42*	0,92	15693 ^{ns}	2677
	FT82-7099	2937	0,77 ^{ns}	0,56	39870 ^{ns}	2651
	FT-6	3017	1,31 ^{ns}	0,83	29944 ^{ns}	2532
	OC86-108	2718	0,72 ^{ns}	0,26	127752 ^{**}	2454
	Bragg	2669	1,02 ^{ns}	0,80	21860 ^{ns}	2294
Média (12)		1,00	-	92733	2592	
N	OC87-216	3054	1,20 ^{ns}	0,44	98316 ^{**}	2700
	FT-2	2739	0,66 ^{ns}	0,44	29711 ^{ns}	2544
	FT-10	2840	1,15 ^{ns}	0,63	40884 ^{ns}	2501
	Média (14)	2878	1,00	-	104256	2582
Ambiente favorável						
L	OCEPAR-14	3114	0,60 ^{ns}	0,21	102850 ^{**}	3331
	FT83-934	2842	1,21 ^{ns}	0,81	26412 ^{ns}	3278
	Lancer	2721	1,42*	0,83	31163 ^{ns}	3234
	Paraná	2561	0,78 ^{ns}	0,47	51843 ^{ns}	2841
	Média (13)	2809	1,00	-	118353	3171
M	BR85-18565	3204	0,97 ^{ns}	0,79	25966 ^{ns}	3509
	OCEPAR-11	3086	1,10 ^{ns}	0,78	34381 ^{ns}	3431
	OCEPAR-13	2934	1,26 ^{ns}	0,72	63316 ^{**}	3328
	FT82-7099	3019	0,90 ^{ns}	0,49	83845 ^{**}	3301
	OC86-108	2848	1,13 ^{ns}	0,64	72477 ^{**}	3202
	FT-6	2916	0,71 ^{ns}	0,38	82112 ^{**}	3138
	Bragg	2721	0,93 ^{ns}	0,45	104473 ^{**}	3012
	Média (14)	2961	1,00	-	87765	3274
N	OC87-216	2853	1,28 ^{ns}	0,77	31315 ^{ns}	3293
	FT-10	3077	0,45 ^{ns}	0,14	83729 ^{ns}	3232
	FT-2	2703	1,27 ^{ns}	0,76	33437 ^{ns}	3141
	Média (12)	2878	1,00	-	138641	3222

¹ Número de ambientes avaliados.

* Significativo a 5% de probabilidade.

** Significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} Não-significativo.

Considerando o coeficiente b e a média de produção de cada genótipo em relação à média de todos os genótipos do grupo L (2.809 kg/ha), podem-se considerar os genótipos OCEPAR-14 ($b=0,96n.s.$, 2.989 kg/ha) e FT83-934 ($b=1,08n.s.$, 2.896 kg/ha) medianamente responsivos e bem adaptados a todos os ambientes, uma vez que possuíram b próximo de 1,0 e médias elevadas (Tabela 3). A cultivar padrão Lancer, por possuir um coeficiente de regressão maior que 1,0 ($b=1,19^*$), deve ser investigada em ambientes distintos conforme método proposto por Verma et al. (1978), pois facilita a visualização nesses casos. Na Tabela 4, nota-se que Lancer foi pouco adaptada por apresentar produtividade média de 2.609 kg/ha e 2.721 kg/ha, respectivamente em ambientes desfavoráveis e favoráveis, inferiores à média dos genótipos. A responsividade de Lancer foi igual a 1,0 ($b=0,78n.s.$) em ambientes desfavoráveis e maior que 1,0 ($b=1,42^*$) em ambientes favoráveis. O genótipo padrão Paraná, por apresentar um coeficiente de regressão inferior a unidade ($b=0,77^{**}$) e uma média (2.557 kg/ha) inferior a todos os genótipos foi considerado como pouco responsivo e pouco adaptado a todos os ambientes (Tabela 3). Este fato foi confirmado pela análise de duas regressões (Tabela 4).

No grupo de maturação M, que apresentou média de produtividade de 2.961 kg/ha (Tabela 3), foram considerados como medianamente responsivos e bem adaptados a todos os ambientes os genótipos BR85-18565 e OCEPAR-13, com coeficientes de regressão e médias iguais a 1,06n.s. e 3.160 kg/ha e 0,90n.s. e 3.082 kg/ha, respectivamente. A linhagem FT82-7099 (0,91n.s. e 2.988 kg/ha) foi classificada como medianamente adaptada a todos os ambientes. Os genótipos Bragg (1,01n.s., 2.689 kg/ha), FT-6 (0,92n.s., 2.845 kg/ha) e OC86-108 (1,03n.s., 2.883 kg/ha) foram considerados medianamente responsivos e pouco adaptados a todos os ambientes. O OCEPAR-11 (1,16*, 3.080 kg/ha) foi considerado altamente responsivo à melhoria ambiental e bem adaptado; esta cultivar responde bem à melhoria dos ambientes desfavoráveis, aos quais é medianamente adaptada, e é mais adaptada a ambientes favoráveis (Tabela 4).

No grupo N de maturação com média de produtividade de 2.878 kg/ha, OC87-216 (2.983 kg/ha)

apresentou a melhor adaptação em todos os ambientes. Os genótipos FT-10 (2.831 kg/ha) e FT-2 (2.819 kg/ha) foram considerados medianamente adaptados a todos os ambientes. Deve-se considerar que nesse grupo apenas três genótipos foram testados, sendo considerados todos de bom nível produtivo e medianamente responsivos às melhorias introduzidas no ambiente (Tabelas 3 e 4).

A distinção entre os conceitos estabilidade e adaptação, incluindo neste último a responsividade do genótipo (Alliprandini, 1992), permite descrever com maior clareza a performance dos materiais genéticos, fornecendo uma idéia da produtividade, resposta à melhoria ambiental e da variabilidade e qualidade dos ambientes. Proporciona, ainda, facilidade ao melhorista na interpretação do significado da interação entre o genótipo e o ambiente. Esses conceitos, como combinados neste trabalho, são úteis ao processo de seleção. Considerando o coeficiente de regressão e a média de produção do genótipo em relação a de todos os genótipos do grupo, obtém-se uma melhor definição agrônômica do conceito de adaptação nos ambientes testados.

Uma comparação dos dois métodos, demonstra que, de maneira geral, a regressão única de Eberhart & Russell (1966) explicou satisfatoriamente a estabilidade dos genótipos frente ao índice ambiental. Resultados semelhantes são descritos por Riede & Barreto (1985) e Fonseca Junior (1987), com as culturas de trigo, milho, feijão e arroz no Estado do Paraná, e por Mauro et al. (1990) em cultura de soja. Entretanto, deve-se ressaltar o fato de que a análise orientada pelos dois métodos permite uma visualização melhor e mais segura da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, pois o método de Verma et al. (1978) apresenta a vantagem de verificar a adaptação dos genótipos em cada ambiente. Esse método também detectou diferenças de comportamento de algumas cultivares não reveladas pelo método da regressão única. Um estudo minucioso do coeficiente de regressão e da média em ambientes favoráveis e desfavoráveis define de maneira eficaz a adaptação do genótipo em relação a melhorias introduzidas no ambiente, facilitando a escolha dos melhores genótipos para recomendação.

CONCLUSÕES

1. Os genótipos estudados mais estáveis são: Lancer (grupo de maturação L), OCEPAR-11 (M) e FT-2 (N).

2. São considerados mais bem adaptados a todos os ambientes os genótipos: OCEPAR-14 e FT83-934 (do grupo L); BR85-18565 e OCEPAR-13 (do grupo M) e OC87-216 (do grupo N).

3. A distinção entre os conceitos estabilidade e adaptação permite descrever com maior clareza a performance dos genótipos.

4. A utilização conjunta dos métodos de Eberhart & Russell (1966) e Verma et al. (1978), aliada à definição dos conceitos de adaptação de Alliprandini (1992), permite uma melhor caracterização da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos e facilita a seleção.

REFERÊNCIAS

- ALLIPRANDINI, L.F. Estudo dos efeitos ambientais, estabilidade, adaptabilidade e ganho genético em linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Estado do Paraná. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1992. 122p. Tese de Mestrado.
- ALLIPRANDINI, L.F.; TOLEDO, J.F.F.; FONSECA JUNIOR, N.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S. Efeitos da interação genótipo x ambiente sobre a produtividade da soja no Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.9, p.1433-1444, 1994.
- BILBRO, J.D.; RAY, L.L. Environmental stability and adaptation of several cotton cultivars. *Crop Science*, Madison, v.16, p.821-824, 1976.
- DUARTE, J.; ZIMMERMANN, M.J. de O. Eficiência de três métodos de estudo da adaptação e estabilidade fenotípica em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: JORNADA SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO VEGETAL, 1., 1990, Jaboticabal. *Anais... Jaboticabal: ESALQ*, 1990. p.109-112.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, Madison, v.6, p.36-40, 1966.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, Australian, v.14, p.742-754, 1963.
- FONSECA JUNIOR, N.S. Análise de estabilidade fenotípica; considerações sobre quatro metodologias. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. *Anais... Londrina: Universidade Estadual de Londrina*, 1987. p.193-212.
- FUNNAH, S.M.; MAK, C. Yield stability studies in soybeans (*Glycine max*). *Experimental Agriculture*, London, v.16, n.4, p.387-392, 1980.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; LEFKOVITCH, L.P. Stability analysis: where do we stand? *Crop Science*, Madison, v.26, p.894-900, 1986.
- MAURO, A.O.; GAVIOLI, E.A.; MAURO, S.M.Z. Avaliação preliminar da eficiência do método de EBERHART e RUSSEL na identificação de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com ampla estabilidade. In: JORNADA SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO VEGETAL, 1., 1990, Jaboticabal. *Anais... Jaboticabal: ESALQ*, 1990. p.96-100.
- PEIXOTO, T.C.O.; SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. Técnicas de análise de interação genótipo por ambiente e estabilidade de clones de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1., 1985, Piracicaba. *Anais... Campinas: Fundação Cargill*, 1985. p.243-258.
- RIEDE, C.R.; BARRETO, J.N. Estudo de cultivares de trigo recomendadas para as regiões norte e oeste do estado do Paraná. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1., 1985, Piracicaba. *Anais... Campinas: Fundação Cargill*, 1985. p.227-242.
- SILVA, J.G.C. da; BARRETO, J.N. Aplicação de regressão linear segmentada em estudos de interação genótipo x ambiente. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 1., 1985, Piracicaba. *Anais... Campinas: Fundação Cargill*, 1985. p.49-50.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, New York, v.53, n.2, p.89-91, 1978.