

HÉLIO BANDEIRA BARROS

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE SOJA POR MÉTODOS
PARAMÉTRICOS E NÃO-PARAMÉTRICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

HÉLIO BANDEIRA BARROS

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE SOJA POR MÉTODOS
PARAMÉTRICOS E NÃO-PARAMÉTRICOS**

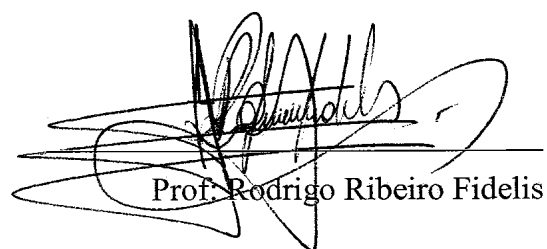
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 8 de novembro de 2007

Prof: Múcio Silva Reis
(Co-orientador)

Prof: Cosme Damião Cruz
(Co-orientador)

Prof: Ney Sussumu Sakiyama



Prof: Rodrigo Ribeiro Fidelis

Prof: Tuneo Sedyama
(Orientador)

Aos meus filhos, Hélio Filho e Ana Laura
Aos meus pais, Francisco e Maria de Fátima,
Às minhas irmãs: Geanne, Rejane, Cleane e Cristina
com muito carinho
À minha esposa, Ana Celle
“companheira de todas as horas”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa em nível de Doutorado.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade para realização do curso.

Ao professor Tuneo Sedyama, pela precisa orientação e conhecimentos transmitidos, muito importantes para o meu amadurecimento profissional.

Aos professores Cosme Damião Cruz e Múcio Silva Reis cujas sugestões, ensinamentos e críticas muito contribuíram para realização deste trabalho.

Ao Campo Experimental Bacuri/Soygene e a empresa Sales Agropecuária pela condução dos experimentos para obtenção dos dados para o presente estudo.

Aos “irmãos” Manoel Mota dos Santos e Rodrigo Ribeiro Fidelis, aos quais sou muito grato, pelo apoio constante e pela maravilhosa convivência familiar.

Aos amigos Aurélio Vaz de Melo, Fabio Daniel Tancredi, Everton Luiz Finoto, Rubens Ribeiro da Silva, Micheli Medeiros Cabral, Renato Sarmento e demais colegas do curso (sem exceção e sem destaque) pelo alegre convívio e divertidas brincadeiras durante esses anos.

A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia sempre respeitosos e prestimosos.

A outros que, de alguma forma, participaram da elaboração deste trabalho, a minha sincera gratidão.

BIOGRAFIA

HÉLIO BANDEIRA BARROS, filho de Francisco Gomes Barros e Maria de Fátima Bandeira Barros nasceu em 27 de abril de 1977, em Formoso do Araguaia, Tocantins.

Em dezembro de 1997 concluiu o curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Urutaí, localizada no município de Urutaí, Goiás.

Em março de 1998, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade do Tocantins, graduando-se em janeiro de 2003.

Em março de 2003, ingressou no curso de Pós-Graduação em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em 02 de fevereiro de 2005.

Neste mesmo mês e ano, ingressou no curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em 08 de novembro de 2007.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
Introdução Geral.....	1
Interação genótipo x ambiente.....	2
Adaptabilidade e estabilidade fenotípica.....	4
Referências Bibliográficas	9
Análises paramétricas e não paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja.....	14
Resumo.....	14
Abstract.....	15
Introdução.....	15
Material e Métodos.....	17
Resultados e Discussão	20
Conclusões.....	28
Referências Bibliográficas.....	28
Métodos estatísticos para análise de adaptabilidade e estabilidade em soja [<i>Glycine max</i> (L.) Merrill].....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução	32
Material e Métodos.....	33
Resultados e Discussão.....	36
Conclusões.....	44
Referências Bibliográficas.....	44
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja, no estado do mato grosso.....	46
Resumo.....	46
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos	48
Resultados e Discussão.....	50
Conclusões.....	56
Referências Bibliográficas.....	56

Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja testadas no estado do mato grosso.....	58
Resumo.....	58
Abstract.....	58
Introdução.....	59
Material e Métodos	60
Resultados e Discussão.....	62
Conclusões.....	68
Referências Bibliográficas.....	68
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja por meio de métodos uni e multivariado.....	70
Resumo.....	70
Abstract.....	70
Introdução.....	71
Material e Métodos	72
Resultados e Discussão.....	74
Conclusões.....	80
Referências Bibliográficas.....	80

LISTA DE TABELAS

Análises paramétricas e não paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja

1	Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005.....	18
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 precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005.....	20
3	Análise de variância conjunta da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), de 30 genótipos de soja (ciclo precoce) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005.....	21
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, de ciclo precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005.....	21
5	Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo precoce em seis ambientes, na safra 2004/2005 em Mato Grosso	22
6	Produtividade média (kg ha^{-1}), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R^2), P_{is} (geral, favorável e desfavorável), W_{is} (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 precoce, na safra 2004/2005 em Mato Grosso.....	24
7	Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo precoce, na safra 2004/2005 em Mato Grosso.....	26
8	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes.....	26

Métodos estatísticos para análise de adaptabilidade e estabilidade em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]

1	Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no Estado do Mato Grosso.....	34
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 semiprecoce/médio, no Estado do Mato Grosso.....	35
3	Análise conjunta de variância da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), de 17 genótipos de soja (ciclo semiprecoce/médio) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso.....	37
4	Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes, segundo metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no Estado do Mato Grosso, safras 2004/2005 e 2005/2006.....	37
5	Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio em seis ambientes, em Mato Grosso.....	38
6	Produtividade média (kg ha^{-1}), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R^2), P_{is} (geral, favorável e desfavorável), W_{is} (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 semiprecoce/médio, em Mato Grosso.....	40
7	Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio, em Mato Grosso.....	42
8	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes.....	42
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja, no estado do mato grosso		
1	Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo médio, no Estado do Mato Grosso.....	49
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 médio, no Estado do Mato Grosso.....	50
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.....	51
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, de ciclo médio, no Estado do Mato Grosso.....	51
5	Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo médio em seis ambientes, na safra 2004/2005 em Mato Grosso.....	52
6	Produtividade média (kg ha^{-1}), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R^2) 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 médio, em Mato Grosso.....	53
7	Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo precoce, em Mato Grosso.....	54

8	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes.....	54
Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de soja testadas no estado do mato grosso		
1	Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semitardio/tardio, no Estado do Mato Grosso.....	61
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 semitardio/tardio, no Estado do Mato Grosso.....	63
3	Análise conjunta de variância da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), de 20 genótipos de soja (ciclo semitardio/tardio) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso.....	
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, de ciclo semitardio/tardio, no Estado do Mato Grosso.....	64
5	Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo semitardio/tardio em seis ambientes, em Mato Grosso.....	64
6	Produtividade média (kg ha^{-1}), P_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 semitardio/tardio, em Mato Grosso.....	65
7	Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo semitardio/tardio, em Mato Grosso.....	66
8	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes.....	66
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja através de métodos uni e multivariado		
1	Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo tardio, no Estado do Mato Grosso.....	72
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.....	74
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.....	75
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.....	75
5	Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo tardio em seis ambientes, em Mato Grosso.....	76
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.....	77
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.....	78
8	Estimativa dos autovalores obtidos conforme a técnica de componentes principais e fração cumulativa da variância explicada por estes.....	78

RESUMO

BARROS, Hélio Bandeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2007,
Adaptabilidade e estabilidade de soja por métodos paramétricos e não-paramétricos.
Orientador: Tuneo Sedyama. Co-orientadores: Cosme Damião Cruz e Múcio Silva Reis.

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando os dados de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos ensaios finais de competição de genótipos de soja do Programa de Melhoramento do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, nas localidades de Nova Brasilândia, Campo Verde, Vera e Rondonópolis. Teve por objetivo avaliar, com base no desempenho, na estabilidade e na adaptabilidade, 94 linhagens de soja divididas de acordo com os grupos de maturação: precoce, semiprecoce/médio, médio, semitardio/tardio e tardio, além de 14 cultivares, através dos métodos de Eberhart & Russell (1966); Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998); Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005). Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com quatro repetições para os grupos de maturação precoce, médio e tardio e três repetições para os grupos semiprecoce/médio e semitardio/tardio. Foram realizadas análises de variância individuais, seguindo-se de análise de variância conjunta para cada grupo de maturidade. A fim de implementar tais análises, utilizou-se o aplicativo computacional em genética e estatística - GENES. Na análise conjunta, avaliou-se primeiramente a homogeneidade das variâncias residuais dos experimentos, verificada pela razão entre o maior e menor quadrado médio residual. Considerando todos os ambientes dentro de cada grupo de maturidade, obteve-se produtividade média de 3200 kg ha^{-1} (precoce), $3080,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (semiprecoce/médio), 3297 kg ha^{-1} (médio), 2994 kg ha^{-1} (semitardio/tardio) e 3292 kg ha^{-1} (tardio). Para o grupo de maturidade precoce, as linhagens SL 2238, SL 1949, SL 31, SL 2382 e as cultivares padrões Uirapuru e M-Soy 8411 apresentaram as maiores médias, e, pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, foram classificadas para amplas condições ambientais, ou seja, adaptabilidade geral ($\beta_1 = 1$) e $\sigma_{di}^2 \neq 0$, indicando baixa estabilidade. Pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide, as linhagens SL 2238, SL 712,

SL 1949 e a cultivar Uirapuru foram classificadas como as mais adaptadas e estáveis. Considerando o grupo de maturidade semiprecoce/médio, as cultivares M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré apresentaram, pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$) e desvio da regressão (σ_{di}^2) não significativos, ou seja, adaptabilidade geral e alta estabilidade. Pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide, a linhagem BCR 03 142498 e as cultivares padrões M-soy 8329 e M-soy 8411 foram classificadas para amplas condições ambientais, ou seja, alta estabilidade. Para os genótipos de ciclo médio, avaliados pelas metodologias de Eberhart e Russell e Centróide, destacaram-se as linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022 e SL 703, além da cultivar Uirapuru, por apresentarem produtividade média elevada, adaptabilidade geral e alta estabilidade. Para o grupo de maturidade semitardio/tardio, avaliado pelas metodologias de Lin e Binns e Centróide, as linhagens BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 e as cultivares Tabarana e SL 88102 foram classificadas como as mais produtivas, ampla adaptabilidade e estáveis. Considerando o grupo de maturidade tardio e baseando-se 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, ampla adaptabilidade e alta estabilidade. As linhagens: SL 2238, SL 1949 e SL 712 (ciclo precoce); BCR 03 142498 (ciclo semiprecoce/médio); SL 10, SL 1842, SL 2022 e SL 703 (ciclo médio); BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 (ciclo semitardio/tardio) e SL 1831, SL 627, SL 2280 e SL 310 (ciclo tardio), apresentaram alto desempenho em amplas condições ambientais. A linhagem de ciclo tardio SL 818 apresentou melhor performance para condições específicas de ambientes favoráveis.

ABSTRACT

BARROS, Hélio Bandeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November of 2007.
Stability and adaptability of soy by using parametric and non-parametric methods.
Adviser: Tuneo Sedyama. Co-advisers: Cosme Damião Cruz and Múcio Silva Reis.

This work was developed by using grain yield data (kg ha^{-1}) from the final competition test of soy from the breeding program of the “Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária”. The experiments were carried out in Mato Grosso (Nova Brasilândia, Campo Verde, Vera e Rondonópolis) at 2004/05 and 2005/06 experimental years. Based on the performance, stability and adaptability, this work aimed to evaluate, 94 lines of soy divided according to the following maturity groups: early, semi-early/medium, medium, semi-late/late and late, besides 14 cultivars throughout the following methods: Eberhart & Russel (1996); Lin & Binns (1988), modified by Carneiro (1998); Annicchiarico (1992) and Centroid (Rocha et al. 2005). The experiments were laid out in a complete randomized blocks scheme with four replicates for the following maturity groups: early, medium and late; and three replicates for the semi-early/medium and semi-late/late groups. Individual variances analyses were used by following the joined variances analyses for each maturity group. In order to implement such analyses the computational application in genetics and statistics “GENES” was used. To the joined analysis, the homogeneity of the residual variances was evaluated firstly, which was calculated by the ratio between the largest and the smallest mean square residual. By considering all environments inside each maturity group it was obtained the following mean productivities: 3200 kg ha^{-1} (early), $3080.1 \text{ kg ha}^{-1}$ (semi-early/medium), 3297 kg ha^{-1} (medium), 2994 kg ha^{-1} (semi-late/late) and 3292 kg ha^{-1} (late). The lines SL 2238, SL 1949, SL 31, SL 2382 and the standard cultivars “Uirapuru” and M-Soy 8411 showed the largest averages for the early maturity groups, and they were classified according to the wide environmental conditions according to the methodology proposed by Eberhart and Russel, general adaptability ($\beta_1=1$) and $\sigma_{di}^2 \neq 0$, which indicate low stability. The lines SL 2238, SL 712, SL 1949 and the cultivar “Uirapuru” were classified as the most adapted and stable by Lin and Binns, Annicchiarico and Centroid methodologies. The cultivars M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT – 109 and Tucunaré (semi-early/medium maturity group) presented regression coefficient statistically similar to one ($\beta_1=1$) and a deviation regression non-significant (σ_{di}^2), which is classified as general adaptability and high stability, by using the

methodology proposed by Eberhart and Russell. The line BCR 03 142498 and the standart cultivars M-soy 8329 and M-soy 8411 were classified according to the wide environmental conditions, which means high stability, by using the methodologies developed by Lin and Binns, Annicchiarico and Centroid. The lines SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 703 and the cultivar “Uirapuru” (medium cycle genotypes) presented high mean productivity, general adaptability and high productivity as well. The lines BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20, the cultivars “Tabarana” and SL 88102 (semi-late/late maturity group) were classified as the most productive, presenting a wide adaptability and stable according to the methodology proposed by Lin and Binns and Centroid. The lines SL 1831, SL 1923, SL 627, SL 2280 and SL 310 (late maturity group) were classified according to the methodology proposed by Annicchiarico and Centroid, by having the highest productivity, a wide adaptability and stability, as well. The lines: SL 2238, SL 1949 and SL 712 (early cycle); BCR 03 142498 (semi-early/medium cycle); SL 10, SL 1842, SL 2022 and SL 703 (medium cycle); BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 (semi-late/late cycle) and SL 1831, SL 627, SL 2280 and SL 310 (late cycle) presented high performance in a wide range of environmental conditions. The late cycle line SL 818 showed the best performance for specific conditions of favorable environments.

INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é considerada uma das culturas de maior importância econômica. É originária da China, onde é cultivada por milênios como alimento. No ocidente, caracterizou-se, principalmente, como produto para alimentação animal e, recentemente, têm sido feitas descobertas referentes aos seus benefícios à saúde humana (Sediyama e Teixeira, 2002).

Atualmente, a soja destaca-se como a mais importante oleaginosa cultivada no mundo. A ampla adaptação aos climas tropicais e subtropicais e seu alto teor de proteína, possibilitam o desenvolvimento da cultura e a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (Roessing e Guedes, 1993). A mesma, constitui-se uma espécie de grande interesse econômico, em função dos teores elevados de proteína (40%) e óleo (20%) e de sua produtividade de grãos. É considerada como uma das mais importantes oleaginosas com produção brasileira, na safra 2006/2007, de 58,421 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 20,687 milhões de hectares com produtividade média de 2824 kg ha⁻¹ (CONAB 2007).

A produtividade da soja é influenciada pela época de semeadura, ocorrendo perdas significativas na produtividade quando semeaduras são realizadas fora de um período relativamente restrito em muitas regiões do Brasil. O desenvolvimento de cultivares menos sensíveis à variação do fotoperíodo e temperatura possibilita a ampliação do período de semeadura, permitindo o cultivo dos genótipos numa ampla faixa de latitude (Lima et al., 2000).

De acordo com Sediyama et al., (1999), cultivares de soja com período juvenil longo para indução floral e tolerantes as temperaturas mais amenas, mesmo em semeaduras antecipadas ou retardadas, apresentam floração mais tardia, permitindo, dessa forma, maior altura de planta e maior produtividade de grãos. Afirmam ainda, que programas de melhoramento de soja no Brasil, conduzidos por instituições públicas e privadas de pesquisa,

tem possibilitado o lançamento de novas cultivares com boa produtividade, contribuindo para a grande expansão da cultura da soja em várias regiões do Brasil.

Interação genótipo x ambiente

A interação genótipos por ambientes corresponde à resposta diferencial dos genótipos às mudanças dos ambientes (Bos e Galigari, 1997), evidenciando assim, a dependência entre os efeitos genéticos e ambientais.

As interações de genótipos x ambientes (G x E) podem surgir por duas razões: (a) por diferentes respostas de igual conjunto gênico em diferentes ambientes; e (b) pela expressão de diferentes conjuntos gênicos em diferentes ambientes (Cockerham, 1963). Quando um mesmo conjunto de genes se expressa em diferentes ambientes, as diferenças nas respostas podem ser explicadas pela heterogeneidade das variâncias genéticas e experimentais ou por ambas; e, quando diferentes conjuntos de genes se expressam em ambientes distintos, as diferenças nas respostas explicam-se por uma inconsistência das correlações genéticas entre os valores de um mesmo caráter em dois ambientes (Falconer, 1989).

A expressão da produtividade é função dos componentes genético e ambiental e da interação entre ambos. Por causa da variação ambiental e da interação que os cultivares apresentam nos vários ambientes, torna-se difícil a seleção e a avaliação do potencial produtivo dos genótipos. Como consequência, é necessário realizar extensiva avaliação (ensaios conduzidos em vários locais e anos) para identificação de genótipos superiores, em produtividade e estabilidade de produção, em certa amplitude de ambientes (Maia et al. 2006).

De todas as fases de um programa de melhoramento de plantas, a avaliação de genótipos em diferentes condições ambientais representa, em geral, a mais trabalhosa e consequentemente a mais onerosa. Dessa forma, o programa fica limitado pela capacidade de avaliação experimental dos genótipos desenvolvidos. Para isso, o conhecimento da interação genótipos x ambientes pode contribuir para a seleção e indicação de cultivares (Chaves, 2001).

O método mais comum para avaliação da interação G x E é a análise de variância (ANAVA), através da análise conjunta de experimentos. A existência da interação G x E é determinada através do uso de um teste, normalmente o teste F. Estatisticamente, interações G x E são detectadas como um padrão de resposta diferencial e significativo dos genótipos, entre ambientes. Biologicamente, isto ocorre quando as contribuições (ou nível de expressão) dos genes regulando o caráter diferem entre ambientes. Essa contribuição dos genes para a expressão de um caráter é considerada ser a base biológica das interações G x E (Basford e

Cooper, 1998). As causas da interação G x E também têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo cultivado (Cruz e Regazzi, 1997).

O ambiente é um termo geral que inclui uma série de condições sob as quais as plantas crescem, podendo envolver locais, regiões, épocas, anos, práticas culturais ou de manejo, ou a combinação de todos esses fatores (Romagosa e Fox, 1993). A combinação de local e ano representando um ambiente é muito comum em estudos de estabilidade fenotípica (Zobel et al., 1988; Ariyo, 1998; Galvão et al., 1998 e Miranda, 1999).

Allard e Bradshaw (1964) classificaram as variáveis ambientais em dois grupos: previsíveis e imprevisíveis. As variáveis previsíveis seriam as características gerais de clima e solos que ocorrem de maneira sistemática (comprimento do dia e grau de insolação) ou estão sob controle humano (época de semeadura, espaçamento entre fileiras, densidade de semeadura e taxas de aplicação de nutrientes). Por outro lado, as variáveis imprevisíveis caracterizam-se por flutuar inconsistentemente e incluem precipitações, temperatura, umidade relativa e eventos climáticos como geadas e granizo. Segundo Fehr (1987), as variáveis imprevisíveis são as que mais contribuem para as interações genótipos x anos e genótipos x locais x anos.

Os ambientes podem ser classificados em duas categorias: micro e macro-ambientes. Os micro-ambientes estão relacionados a fatores externos (erros estocásticos ou aleatórios) ou internos (acidentes) de um organismo, geralmente, não controláveis (Wu e Malley, 1998). Os macro-ambientes podem ser controláveis (níveis de fertilidade do solo) e não controláveis (locais, anos agrícolas e estações ou épocas do ano), que apresentam como principais componentes a temperatura, pluviosidade e a luminosidade (Kearsey e Pooni, 1998).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), não basta apenas detectar a presença da interação, é necessário considerar sua natureza. A interação genótipos $\times$ ambientes possui duas naturezas. A primeira, denominada de parte simples ou quantitativa, é condicionada pela diferença de variabilidade entre os genótipos (Xie e Mosjidis, 1996). Nesse caso, a classificação dos genótipos não se altera nos ambientes contemplados no estudo. A interação simples é também chamada de efeito de escala por alguns autores (Lynch e Walsh, 1998), pois ela corresponde às mudanças nas magnitudes das diferenças entre os genótipos. O segundo fator é denominado de parte complexa ou qualitativa, e é responsável pela falta ou pela reduzida correlação genética entre o comportamento dos genótipos nos ambientes. Normalmente, quando a correlação é baixa, ocorre uma mudança na classificação dos genótipos.

A quantificação da predominância do tipo de um dos componentes da interação é muito importante na tomada de decisão por parte do melhorista (Vencovsky e Barriga,

1992). Quando a interação é principalmente, de natureza simples, o trabalho do melhorista é facilitado, pois a recomendação das cultivares pode ser feita de maneira generalizada. A predominância de interação complexa indica a presença de materiais adaptados a ambientes particulares, o que traz uma complicação para o melhorista, uma vez que a recomendação é restrita a ambientes específicos.

Ramalho et al., (1993) comentaram que a interação não interfere somente na recomendação de cultivares, mas também na seleção de famílias. A ocorrência de interação complexa entre famílias poderá diminuir a eficiência do programa porque a seleção é baseada normalmente na média dos vários ambientes, o que não garante, portanto, a seleção das melhores famílias para cada ambiente particular. A interação também pode interferir na escolha das populações segregantes que serão conduzidas em etapas posteriores do programa de melhoramento (Ramalho et al., 1988; Melo, 1996).

A interação G x E deve ser encarada, não como um problema ou um fator indesejável, cujos efeitos devem ser minimizados em um programa de melhoramento. Ao contrário, como um fenômeno biológico natural, cumpre conhecê-la bem, para melhor aproveitá-la no processo de seleção (Chaves, 2001). Assim, genótipos que interagem positivamente com ambientes podem fazer a diferença entre um bom e um ótimo cultivar (Duarte e Vencovsky, 1999). Esse enfoque passa a ter maior importância no caso de espécies onde o investimento é muito alto em insumos e manejo para melhoria do ambiente, como é o caso da soja.

Metodologias têm sido propostas no sentido de atenuar os efeitos da interação G x E. Pode-se proceder ao zoneamento ecológico ou estratificação de ambientes (estratificação da região em sub-regiões onde a interação seja não significativa), identificação de genótipos com adaptabilidade a ambientes específicos e a identificação de genótipos com ampla adaptação ou estáveis (Ramalho et al., 1993).

Adaptabilidade e estabilidade fenotípica

Estudos a respeito da interação G x E, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (Cruz e Regazzi, 1997).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), adaptabilidade e estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados, não devem ser considerados como um só. Mariotti et al. (1976),

designam adaptabilidade como a capacidade potencial dos genótipos de responderem vantajosamente ao estímulo ambiental. A estabilidade, por outro lado, seria a capacidade de um genótipo exibir um desempenho o mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental. Cruz e Regazzi (1997) conceituam adaptabilidade da mesma forma e comentam que estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo ambiental.

Diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica. A diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação $G \times E$. Destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação $G \times E$ (Plaisted e Peterson, 1959; Wricke e Weber, 1986; Shukla, 1972 e Magari e Kang, 1997); regressão linear simples (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966 e Perkins e Jinks, 1968) e múltipla (Verma et al., 1978; Silva e Barreto, 1986; Cruz et al., 1989 e Storck e Vencovsky, 1994); regressão quadrática (Brasil e Chaves, 1994); modelos não lineares (Chaves et al., 1989; Toler e Burrows, 1998; Silva, 1998 e Rosse e Vencovsky, 2000) e não paramétricos, como a ordem de classificação genotípica (Hühn, 1996); métodos multivariados, como a ACP (Crossa, 1990), análise de agrupamento (Hanson, 1994), análise fatorial de correspondências (Hill, 1974) e análise de coordenadas principais (Westcott, 1987); e métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise AMMI, sugerido por Gauch e Zobel (1996).

Na avaliação da estabilidade fenotípica através da variância da interação $G \times E$, é realizado o desdobramento da interação $G \times E$ total em componentes atribuídos a cada genótipo, como no método tradicional (Oliveira, 1976); neste método, a soma de quadrados da interação $G \times E$ mais a soma de quadrados de ambientes é particionada em componentes da variação ambiental dentro de cada genótipo; o genótipo mais estável será aquele com menor quadrado médio para o desdobramento. Plaisted e Peterson (1959) adotaram como parâmetro de estabilidade a variância da interação $G \times E$ estimada para cada par de genótipos. Calculando-se a média das estimativas obtidas com um genótipo em comum, tem-se a sua contribuição para a interação $G \times E$; genótipos com baixa contribuição são considerados estáveis. O método da ecovalência (Wricke e Weber, 1986), segue o mesmo princípio, sendo o parâmetro denominado de ecovalência, que mede a contribuição de cada genótipo para a soma de quadrados da interação total $G \times E$; assim, o genótipo mais estável é aquele que apresenta ecovalência de mais baixa magnitude em relação aos demais.

Nos últimos 50 anos, o método mais amplamente usado tem sido a análise de regressão linear (Becker e Léon, 1988). Poucos melhoristas analisam rotineiramente os dados para

estabilidade fenotípica, e entre os que o fazem, a grande maioria usa análise de regressão (Romagosa e Fox, 1993). Yates e Cochran (1938) foram os primeiros autores a usarem a regressão linear em estudos de estabilidade fenotípica, mas foi a metodologia de Eberhart e Russel (1966) que popularizou seu uso.

O método proposto por Eberhart e Russel (1966) baseia-se numa análise de regressão linear simples sendo o índice ambiental (efeito do ambiente) é a variável independente, e a produtividade média de cada genótipo em cada ambiente representa a variável dependente. Os parâmetros coeficiente de regressão (β_{li}) e a produtividade média estimam a adaptabilidade do genótipo; enquanto a variância dos desvios da regressão (σ_{di}^2) mede a sua estabilidade. Esses autores definiram como genótipo ideal aquele com produtividade média alta, β_{li} igual à unidade e σ_{di}^2 o menor possível. Uma medida adicional acrescentada por Pinthus (1973) foi o coeficiente de determinação (R^2), que pode substituir s^2_{di} ou auxiliá-lo, fornecendo uma medida da variação observada explicada pela regressão. Perkins e Jinks (1968) idealizaram um método baseado em regressão, que permite estimar os efeitos de genótipos, ambientes e a interação G x E, em linhas puras e seus cruzamentos. Tai (1971) propôs um método que usa regressão linear para determinar as respostas linear e não-linear de genótipos com os ambientes.

Verma et al. (1978) propuseram um método baseado na regressão linear bi-segmentada, capaz de medir a sensibilidade dos genótipos a duas faixas de ambientes (favoráveis e desfavoráveis). A média dos genótipos é ajustada por dois segmentos de reta, correspondentes às subdivisões dos ambientes, naqueles com produtividade abaixo da média geral e nos com produtividade acima desta média. Portanto, são estimados dois coeficientes de regressão separadamente, que descrevem a resposta de um determinado genótipo aos ambientes favoráveis e desfavoráveis, respectivamente, sendo capaz de identificar genótipos responsivos a ambientes favoráveis e que mantenham produtividades razoáveis em ambientes adversos. Esse método foi modificado por Silva e Barreto (1986), que adotaram o uso de um modelo de regressão múltipla que permite o ajuste para cada genótipo, de uma curva única constituída por dois segmentos de reta. Posteriormente, Cruz et al. (1989) e Storck e Vencovsky (1994) propuseram alterações que contribuíram para facilitar a estimação dos parâmetros e melhorar a precisão das estimativas.

Toler e Burrows (1998) propuseram um método baseado em regressão não linear que permite estimar conjuntamente os parâmetros de adaptação e estabilidade ($\beta_{li}, \beta_{2li}, R_i^2$), e o “índice” ambiental (j). Paralelamente, apresentaram os conceitos de “padrão côncavo” e “padrão convexo” de resposta, para a interpretação adaptativa dos genótipos. Assim, apontam

como duplamente favorável, os genótipos que apresentam um padrão convexo, ou seja, de performance consistente em ambientes desfavoráveis e que explorem positivamente condições ambientais favoráveis; por outro lado, duplamente desfavoráveis são aqueles que exibem sensibilidade nos ambientes abaixo da média geral, mas que não respondem às condições ambientais favoráveis.

Lin e Binns (1988) definiram como medida de estabilidade o parâmetro P_i , como sendo a medida de superioridade máxima de um genótipo. Esse parâmetro representa o quadrado médio da distância entre a resposta de um determinado genótipo em relação à resposta do genótipo que apresenta produtividade máxima, entre todos os genótipos, num determinado ambiente. Quanto menor a distância entre a resposta do genótipo e a produtividade máxima, ou seja, quanto menor P_i , mais estável é o genótipo. Uma vantagem dessa metodologia é que ela tenta aliar estabilidade com adaptabilidade.

Os métodos de regressão linear para avaliar estabilidade fenotípica em plantas têm sido amplamente discutidos, sobretudo, com respeito a dois aspectos. O primeiro deles refere-se ao fato de os índices ambientais, tal como são tomados nessas metodologias, não serem independentes das variedades testadas (o índice ambiental é obtido a partir dos próprios dados). Contudo, isso não parece relevante quando o número de genótipos é elevado. O segundo refere-se à pressuposição de uma regressão linear entre o comportamento dos genótipos e o índice de ambiente. Outro aspecto diz respeito ao desdobramento tradicionalmente feito na análise de regressão, onde não é tomada apenas a variação devida à interação $G \times E$, mas aquela decorrente das fontes de variação: ambientes + interação $G \times E$ (ambientes dentro de genótipos). Esse procedimento usual, sem dúvida, auxilia no processo de recomendação de cultivares, pois fornece uma descrição do padrão médio de resposta de cada genótipo frente à melhoria da qualidade ambiental; entretanto, obscurece a identificação de relações importantes no discernimento das verdadeiras causas da interação $G \times E$ em si (Duarte e Vencovsky, 1999).

Crossa (1990) comenta que, a obtenção de parâmetros via análise de regressão linear, é bastante usada por melhoristas de plantas, por ser uma técnica matematicamente simples e biologicamente interpretável. No entanto, apresenta algumas desvantagens: (a) não é informativa quando a linearidade falha; (b) é altamente dependente do grupo de genótipos e ambientes incluídos na análise; e (c) tende a supersimplificar padrões de resposta diferentes por explicar a variação da interação $G \times E$ em apenas uma dimensão (coeficiente de regressão), quando na realidade ela pode ser altamente complexa. O autor alerta para o perigo em sacrificar informações relevantes para facilitar interpretações estatísticas e biológicas.

A tendência é para o uso de métodos multivariados ou aqueles que integram métodos univariados com multivariados. Ao contrário dos métodos estatísticos clássicos, a função da análise multivariada é elucidar a estrutura interna dos dados a partir de hipóteses que podem ser geradas e depois testadas por métodos estatísticos. A resposta de um dado genótipo G em E ambientes pode ser conceituada como um padrão em N espaço dimensional (Crossa, 1990).

Dois grupos de técnicas multivariadas têm sido usados para elucidar a estrutura interna da interação G x E: (a) técnicas de ordenação, tais como a ACP, análise de coordenadas principais e análise de fatores; e (b) técnicas de classificação, tais como análise de agrupamento e análise discriminante. Dessas, a ACP é a mais frequentemente usada (Flores et al., 1998). O objetivo principal dessa técnica é transformar os dados a partir de um grupo de eixos de coordenadas em outro grupo, que preserve, o máximo possível, a configuração original do grupo de pontos e concentre a maior parte da estrutura dos dados no (s) primeiro (s) eixo (s) da ACP. Esta assume que as variáveis originais definem um espaço Euclidiano na qual a similaridade entre itens é medida como distância Euclidiana (Crossa, 1990).

O estudo de fatores ambientais que podem contribuir para a interação G x E também tem sido investigado. Becker e Léon (1988) comentam que as interações G x E podem ser parcialmente entendidas como um resultado de uma reação diferencial a fatores de estresses ambientais como secas ou doenças e, conseqüentemente, o melhoramento da resistência é de importância para melhorar a estabilidade de produção. Kang e Magari (1996) corroboram esse argumento comentando que a estabilidade de produção depende de seus componentes e de outros caracteres, tais como: resistência a pragas, tolerância a fatores de estresses e variáveis ambientais (todas contribuem de forma diferente para a interação G x E). Se a importância relativa desses componentes foi avaliada e um ou mais fatores limitantes é ou são determinados, então, sua manipulação pode aumentar a estabilidade.

Outra metodologia promissora foi desenvolvida por Annicchiarico (1992), a qual estima o índice de confiabilidade de uma determinada cultivar apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. A vantagem do método está no fato de que a seleção de uma determinada cultivar para comercialização é realizada considerando o risco da mesma ter um desempenho inferior a um padrão convenientemente escolhido. Considerando que o padrão escolhido é a média geral das cultivares, quanto maior for o índice de confiabilidade de uma cultivar, menor será a sua probabilidade de insucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, n.5, p.503-508, 1964.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. **Journal Genetics Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.
- ARIYO, O.J. Use of additive main effects and multiplicative interaction model to analyze multilocation soybean varietal trials. **Journal of Genetics e Breeding**, v.53, n.2, p.129-134, 1998.
- BASFORD, K.E.; COOPER, M. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.49, n.2, p.153-174, 1998.
- BECKER, H.C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, v.101, n.1, p.1-23, 1988.
- BOS, I.; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. London: Chapman e Hall, 1997. 347p.
- BRASIL, E. M.; CHAVES, L. J. Utilizacion de un modelo cuadrático para el estudio de la respuesta de cultivares a la variación ambiental. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GENÉTICA, 11., Monterrey, 1994 Memorias . Monterrey: **Asociacion Lationoamericana de Genetica**, 1994. p.616.
- CHAVES, L.J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I.O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.2, p.259-268, 1989.
- CHAVES, L.J. **Interação de genótipos com ambientes**. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C. C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (ed.) Recursos genéticos e melhoramento: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183p.

- COCKERHAM, C.C. Estimation of genetics variance. In: HANSON, W.D.; ROBINSON, H.F. (Eds.) Statistical genetics and plant breeding. Madison: **National Academy of Sciences**, 1963. p.53-94.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> – acesso em 08/09/2007.
- CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, v.44, p.55-85, 1990.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.A.; VENCovsky, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n.2, p.567-580, 1989.
- DUARTE, J.B.; VENCovsky, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p. (Série Monografias, 9)
- EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. 3.ed. Harlow: Longman, 1989. 438p.
- FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. cap.18, p.247-258.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- FLORES, F.; MORENO, M.T.; CUBERO, J.I. A comparasion of univariate and multivariate methods to analyse G x E interaction. **Field Crops Research**, v.56, n.3, p.271-286, 1998.
- GALVÃO, E.R.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C.S.; ROCHA, V.S.; SCAPIM, C.A. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de nove cultivares e linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres** , v.45, n.259, p.221-231, 1998.
- GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. **AMMI analysis of yield trials**. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. (ed.) Genotype-by-environment interaction. New York: CRC Press, 1996. 416p.
- HANSON, W.D. Distance statistics and interpretation of Southern states regional soybean tests. **Crop Science**, v.34, n.6, p.1498-1504, 1994.
- HILL, M.O. Correspondence analysis: a neglected multivariate method. **Appllied Statistics**, v.23, n.2, p.340-354, 1974.

HÜHN, M. **Nonparametric analysis of genotype x environment interactions by ranks**. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. Genotype-by-environment interaction. Boca Raton: CRC Press, 1996. cap.9, p.235-270.

KANG, M.S.; MAGARI, R. **New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding**. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. Genotype-by-environment interaction. Boca Raton: CRC Press, 1996. cap.1, p.1-14.

KEARSEY, M.J.; POONI, H.S. **The Genetical analysis of quantitative traits**. London: Stanley Thornes Publisher, 1998. cap.12, p.241-245: Genotype by environment interaction.

LIMA, W.F.; TOLEDO, J.F.F.; ARIAS, C.A.A.; OLIVEIRA, M.F. Stability of soybean yield through different sowing periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2181-2189, 2000.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.

LYNCH, M. C.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer associates Inc., 1998. 980 p.

MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SILVA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.

MAGARI, R.; KANG, M.S. SAS STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, v.89, n.5, p.929-932, 1997.

MARIOTTI, J.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genótipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, v.13, n.1-4, p.105-127, 1976.

MELO, L. C. **Escolha de genitores visando a obtenção de cultivares de feijoeiro tolerantes à baixa temperatura na fase adulta**. Lavras, 1996. 80 p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Lavras.

MIRANDA, F.T.S. **Interação genótipos x ambientes em linhagens de soja selecionadas para resistência ao nematóide de cisto**. Piracicaba, 1999. 141p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, A. C. **Comparação de alguns métodos de determinação da estabilidade em plantas cultivadas**. Brasília, 1976. 64p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

PERKINS, J.M.; JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, v.23, n.3, p.339-356, 1968.

- PINTHUS, M.J. Estimate of genotypic value: a proposed method. **Euphytica**, v.22, n.1, p.121-123, 1973.
- PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v.36, n.2, p.381-385, 1959.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 272 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PEREIRA-FILHO, I. A choice of parents for dry bean (*Phaseolus vulgaris*) breeding I. Interaction of means components by generation and by localization. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, n. 2, p. 391-400, 1988.
- ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba-SP, p. 1-70, 1993.
- ROMAGOSA, I.; FOX, P.N. Genotype x environment interaction and adaptation. In: HAYWARD, M.D.; BOSEMARK, N.O.; ROMAGOSA, I. Plant breeding: principles and prospects. London: Chapman e Hall, 1993. chap. 20, p. 375-390.
- ROSSE, L.N.; VENCOSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, v.59, n.1, p.99-107, 2000.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. **Cultivares de soja UFV em Mato Grosso**. Viçosa: UFV/DFT, Rondonópolis: Biogen sementes, 2002, 49p.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999, 817 p.
- SHUKLA, G.K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. **Heredity**, v.29, n.2, p.237-245, 1972
- SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometrics**, v.41, n.4, p.1093, 1986.
- SILVA, J.G.C. Análise da adaptabilidade por regressão segmentada com estimação da junção dos segmentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1013-1029, 1998.
- STORCK, L.; VENCOSKY, R. Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. **Revista Brasileira de Genética**, v.17, n.1, p.75-81, 1994.
- TAI, G.C.C. Genotypic stability analyses and its application to potato regional trials. **Crop Science**, v.2, n.2, p.184-194, 1971.

- TOLER, J.E.; BURROWS, P.M. Genotypic performance over environmental arrays: a non-linear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, v.25, n.1, p.131-143, 1998.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.
- VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, n.2, p.89-91, 1978.
- WESTCOTT, B. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. **Journal of Agricultural Sciences**, v.108, n.2, p.267-274, 1987.
- WRICKE, G.; WEBER, E.W. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406p.
- WU, R.L.; MALLEY, D.M.O. Nonlinear genotypic response to macro- and microenvironments. **Theoretical and Applied Genetics**, v.96, n.5, p.669-675, 1998.
- XIE, C.; MOSJIDIS, J. A. Selection of stable cultivars using phenotypic variances. **Crop Science**, v. 36, n. 5, p. 572-576. 1996.
- YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of groups of experiments. **Journal of Agricultural Sciences**, v.28, n.4, p.556-580, 1938.
- ZOBEL, R.W.; MADISON, J.W.; GAUCH, H.G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, v.80, n.3, p.388-393, 1988.

ANÁLISES PARAMÉTRICAS E NÃO PARAMÉTRICAS PARA DETERMINAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de 30 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no Estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os ensaios foram conduzidos no ano de 2004/05 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizaram-se os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al., 2005). O rendimento médio de grãos variou de 2837 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) a 3701 kg ha⁻¹ (Vera), com média geral entre os ambientes de 3200 kg ha⁻¹. Pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, as linhagens SL 2238, SL 1949, SL 31, SL 2382 e os padrões Uirapuru e M-Soy 8411 apresentaram as maiores médias, ampla adaptabilidade ($\beta_1 = 1$) e σ_{di}^2 significativos, ou seja, baixa estabilidade. Pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide, as linhagens SL 2238, SL 712, SL 1949 e a cultivar Uirapuru foram classificadas como as mais produtivas, adaptadas e estáveis, havendo, portanto, coerência entre tais metodologias. Com base nas metodologias de Lin e Binns (1988), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005) as linhagens de soja SL 2238, SL 1949 e SL 712 apresentaram o melhor desempenho.

Palavras-chave: *Glycine max*, Produtividade, estabilidade, adaptabilidade.

PARAMETRIC AND NON-PARAMETRIC ANALYSES TO THE DETERMINATION OF STABILITY AND ADAPTABILITY OF SOY GENOTYPES

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the performance, stability and adaptability of 30 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 experimental years at the municipalities of Rondonópolis, Campo Verde, Nova Brasilândia and Vera. To evaluate the adaptability and stability, the methods developed by Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988), and modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Centroid Method (Rocha et al., 2005) were used. The mean grain yield varied from 2837 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) to 3701 kg ha⁻¹ (Vera) with general mean among the environments of 3200 kg ha⁻¹. According to the methodologies developed by Eberhart and Russe, the lines SL 2238, SL 1949, SL 31, SL 2382 and the standards “Uirapuru” and M-Soy 8411, presented the largest averages, wide adaptability ($\beta_1=1$) and σ_{di}^2 statistically significant, which means a low stability of such materials. The lines SL 2238, SL 712, SL 1949 and the cultivar “Uirapuru” were classified by having the highest productive, adaptability and stability, according to the methodology proposed by Lin and Binns, Annicchiarico and Centroid, having, therefore, consistency among such methodologies. The soy lines SL 2238, SL 1949 and SL 712 presented the best performance based on the methodologies proposed by Lin and Binns (1988), Annicchiarico (1992) and Centroid Method (Rocha et al., 2005).

Key-words: *Glycine max*, productivity, stability, adaptability.

INTRODUÇÃO

Para a maioria das características de importância econômica, em especial 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 a 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 no Brasil, é esperado que a interação genótipo 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 a 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; Atroch et al. 2000; Prado et al. 2001 e 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 & Peterson, (1959); Finlay & Wilkinson, (1963); Wricke (1965); Eberhart & Russell (1966); Perkins & Jinks (1968); Freeman & Perkins (1971); Taí (1971); Silva & Barreto (1986); Lin & Binns (1988); Cruz et al., (1989) e Annicchiarico, (1992). A diferença entre os métodos origina-se nos próprios conceitos de estabilidade e nos procedimentos biométricos empregados para medi-la.

Os métodos baseados em regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos com o efeito do ambiente, que geralmente é estimado utilizando o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (Cruz & Regazzi, 1997). Como exigências desses métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise (três para os métodos que utilizam regressão linear simples e seis para os que utilizam regressão linear bissegmentada), o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística, a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado para classificar os ambientes e a produtividade média da cultivar (Cruz et al., 1989).

Segundo Eberhart & Russell (1966), a cultivar ideal é aquela que tem alta produtividade, coeficiente de regressão igual a unidade e desvio de regressão não significativo. Lin et al. (1986) apresentaram críticas aos métodos que baseiam-se no desvio da regressão como parâmetro de estabilidade. Segundo os autores, esse parâmetro serve apenas para indicar o ajuste dos dados à equação obtida, ao invés de maior ou menor estabilidade da

cultivar. Reiteram que, baixa adaptação representada por σ_{di}^2 elevado ou coeficiente de determinação (R_i^2) pequeno, deve ser interpretado como indicativo de que o uso do modelo de regressão para estimar a estabilidade não é apropriado e que alternativas devam ser investigadas.

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 da performance 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 no desempenho, na estabilidade e na adaptabilidade, 24 genótipos de soja de ciclo precoce e seis cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Eberhart & Russell (1966); Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998); Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005).

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 precoce do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, no ano agrícola 2004/05, nas localidades de Nova Brasilândia, Campo Verde, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos três ensaios, denominados Rondonópolis I, Rondonópolis II e Rondonópolis III, que corresponderam a diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados 30 genótipos, dos quais seis cultivares testemunhas (Conquista, Emgopa 315, M-Soy 8329, M-Soy 8411, Uirapuru e Xingu).

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 $3,6 \text{ m}^2$, tendo sido colhidas as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), 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 (1,7493). Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

Tabela 1 – Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005

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	15/11/2004

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005).

A metodologia de Eberhart & Russell (1966) usa, na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo (μ_i), o seu coeficiente de regressão (β_i) e a variância dos desvios dessa regressão (σ_{di}^2). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ em que } I_j = \frac{\sum_i Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a - 2}$$

A estatística de estabilidade e adaptabilidade P_i , adotada pelo método de Lin & Binns (1988), é obtida por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2a}, \text{ em que } M_j \text{ é a produtividade máxima entre todos os genótipos, no } j\text{-ésimo ambiente. O genótipo estável é aquele que apresentar o menor índice } P_i.$$

A estimativa da MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento) fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin & Binns (1988), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998), estimada por:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}, \text{ em que: } f = \text{número de ambientes favoráveis.}$$

Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}, \text{ onde: } d = \text{número de ambientes desfavoráveis.}$$

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 porcentual dos genótipos i ; $\hat{\sigma}_{Z_{i(g)}}$ 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 de 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).

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

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 10,4 a 15,5% (Tabela 2), indicando certo controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente. Segundo Carvalho et al. (2003) 16% é o limite máximo de coeficiente de variação para produtividade de grãos em soja.

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 precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005

Ambiente	$\bar{Y}_{.j}$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I	3109,1	110909,0129	10,71
Rondonópolis II	3177,3	135669,5842	11,59
Rondonópolis III	2836,5	194012,0908	15,52
Nova Brasilândia	3145,3	159378,2478	12,69
Campo Verde	3234,2	131955,3946	11,23
Vera	3700,5	149413,6589	10,44

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Os pares de ambientes Rondonópolis II - Nova Brasilândia e Nova Brasilândia - Vera apresentaram interação predominantemente do tipo simples, ou seja, parte complexa da interação menor que 50% (Tabela 4). Todos os outros pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa, ou seja, houve inconsistência na superioridade do cultivar com a variação ambiental, o que 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 de variância conjunta da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), de 30 genótipos de soja (ciclo precoce) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	18	3969843,6750	220546,8708	-	-
Ambientes (A)	5	47471484,9569	9494296,9913	43,0488	<0,000
Genótipos (G)	29	47654620,3069	1643262,7692	4,1162	<0,000
Interação GxA	145	57886121,9180	399214,6339	2,7178	<0,000
Erro médio	522	76676405,0750	146889,6648	-	-

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, de ciclo precoce, no Estado do Mato Grosso, na safra 2004/2005

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	- 0,036	99,986
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,137	73,256
Rondonópolis I e Nova Brasilândia	0,144	57,185
Rondonópolis I e Campo Verde	0,032	88,816
Rondonópolis I e Vera	- 0,066	92,093
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,436*	62,409
Rondonópolis II e Nova Brasilândia	0,561**	37,662
Rondonópolis II e Campo Verde	0,453*	69,649
Rondonópolis II e Vera	0,576**	58,386
Rondonópolis III e Nova Brasilândia	0,253	80,849
Rondonópolis III e Campo Verde	0,496**	67,857
Rondonópolis III e Vera	0,383*	76,845
Nova Brasilândia e Campo Verde	0,493**	55,218
Nova Brasilândia e Vera	0,661**	43,024
Campo Verde e Vera	0,556**	66,446

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

O rendimento médio de grãos variou de 2837 kg ha^{-1} (Rondonópolis III) a 3701 kg ha^{-1} (Vera), com média geral entre os ambientes de 3200 kg ha^{-1} (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem SL 2238 (4336 kg ha^{-1}) com média em todos os ambientes de 3725 kg ha^{-1} . A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem SL 1283 (1740 kg ha^{-1}), entretanto, a menor produtividade em todos os ambientes foi obtida pela linhagem SL 1232 (2533 kg ha^{-1}).

Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo precoce em seis ambientes, na safra 2004/2005 em Mato Grosso*

Genótipos	Ambientes						Média
	RON. I	RON. II	RON. III	N. BRAS.	C. VERDE	VERA	
SL 2238	2881	3594	3686	3878	3974	4336	3725
UIRAPURU	3145	3251	3351	3872	3783	4151	3592
SL 1949	2893	3581	3076	4216	3378	4200	3557
SL 712	3463	3201	3294	3420	3829	4071	3546
XINGÚ	3374	3370	3167	3477	3054	4022	3411
SL 31	2489	3545	3121	3535	3501	4185	3396
SL 2435	3464	3049	3060	4153	3135	3434	3382
M-SOY 8329	3479	3181	3202	2996	3678	3702	3373
EMGOPA 315	3069	3278	3286	3290	3285	3726	3322
M-SOY 8411	3274	3431	3408	2816	2910	3811	3275
SL 202	3314	3340	2978	3204	2894	3910	3273
SL 801	3299	3073	2939	2982	3389	3883	3261
SL 2382	3241	3245	2346	3765	3247	3691	3256
SL 2182	3071	3415	2652	3563	3126	3620	3241
SL 1613	3133	3463	2544	3348	3287	3665	3240
SL 9	3011	3026	2900	3197	3319	3735	3198
SL 1769	3218	3300	2292	3593	2904	3881	3198
SL 36	3089	3412	2326	3111	3364	3853	3192
SL 1132	3016	2816	2783	3161	3337	3953	3177
SL 13	3071	3109	2438	3219	3210	3961	3168
CONQUISTA	3131	3368	2984	2867	3062	3246	3110
SL 120	2952	2962	2583	3466	3126	3450	3090
SL 11	3177	2996	3278	2450	3168	3413	3080
SL 12	2983	3066	1875	3096	3362	3845	3038
SL 1148	3227	2937	2618	2586	3319	3345	3005
SL 1270	3018	3109	2825	2572	3535	2918	2996
SL 1136	3082	2889	2872	2335	3068	3433	2946
SL 1283	2782	3211	2794	1740	2860	3308	2782
SL 1264	2748	2515	2379	2220	2593	3453	2651
SL 1232	3179	2588	2043	2235	2335	2818	2533
Média	3109	3177	2837	3145	3234	3701	3200

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 772,27 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 1015,64 kg ha⁻¹. CV (%) = 11,97.

As estimativas das médias dos genótipos, e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade dos cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005), encontram-se na Tabela 6.

As linhagens SL 712, SL 202, SL 801, SL 2182, SL 1613 e os padrões Xingu, M-Soy 8329 e EMGOPA 315 apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 e desvio da regressão não significativos. Portanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) foram classificados como sendo de ampla adaptabilidade e alta estabilidade ou previsibilidade.

As linhagens SL 2238, SL 1949, SL 31, SL 2382 e os padrões Uirapuru e M-Soy 8411 apresentaram as maiores médias (acima de 3400 kg ha⁻¹). Esses genótipos, por essa metodologia, possuem ampla adaptabilidade, pois apresentam coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$). Entretanto, apresentam desvios da regressão significativos, ou seja, são de baixa estabilidade.

A linhagem SL 2435 apresentou elevada produtividade e coeficiente de regressão significativamente < 1 , sendo classificada como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Entretanto, apresentou baixa estabilidade, visto que o desvio da regressão foi significativo ($R^2 = 2,48$).

A metodologia de Lin e Binns (1988) baseia-se na estimativa do parâmetro P_i (Tabela 6), que mede o desvio da produtividade de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis. O genótipo ideal por esse método é aquele com média alta e menor valor de P_i .

A linhagem SL 2238 apresentou a maior média de produtividade e menores valores de P_i geral, favorável e desfavorável, seguida da cultivar padrão Uirapuru, sendo, portanto, indicadas por essa metodologia como de alta estabilidade. Entretanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) tais genótipos foram classificados como de baixa estabilidade.

Tabela 6 – Produtividade média (kg ha⁻¹), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R²), P_{is} (geral, favorável e desfavorável), W_{is} (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 precoce, na safra 2004/2005 em Mato Grosso

Genótipos	Média	Eberhart e Russell (1966)			Lin e Binns (1988)			Annicchiarico (1992) ^{1/}			Centróide ^{2/}				
		$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	Geral	Fav.	Desfav.	Geral	Fav.	Desfav.	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
SL 2238	3725	1,009 ^{ns}	159687,8 ^{**}	33,93	611,1	271,0	340,1	112,9	110,3	118,9	I	0,587	0,133	0,173	0,107
UIRAPURU	3592	1,029 ^{ns}	58964,2 [*]	52,26	724,4	358,5	365,9	109,9	108,1	113,6	I	0,548	0,143	0,192	0,117
SL 1949	3557	1,300 ^{ns}	184240,4 ^{**}	43,09	868,9	441,4	427,4	107,3	107,4	107,2	I	0,457	0,157	0,248	0,139
SL 712	3546	0,976 ^{ns}	9248,5 ^{ns}	67,23	707,5	366,5	341,0	109,2	107,5	112,6	I	0,456	0,184	0,213	0,146
XINGÚ	3411	0,967 ^{ns}	12487,9 ^{ns}	65,31	943,2	558,6	384,6	104,9	108,5	98,8	I	0,360	0,182	0,288	0,170
SL 31	3396	1,440 ^{ns}	151175,8 ^{**}	52,19	921,3	416,4	504,9	102,4	99,2	109,7	I	0,373	0,215	0,237	0,176
SL 2435	3382	0,234 ⁺	177511,8 ^{**}	2,48	1050,8	676,6	374,2	102,2	107,7	94,1	III	0,324	0,152	0,368	0,156
M-SOY 8329	3373	0,638 ^{ns}	28226,1 ^{ns}	38,28	858,3	487,7	370,6	103,4	102,6	104,2	I	0,336	0,227	0,245	0,192
EMGOPA 315	3322	0,606 ^{ns}	-14838,9 ^{ns}	62,41	993,3	573,9	419,4	102,4	103,6	100,9	I	0,336	0,197	0,282	0,185
M-SOY 8411	3275	0,579 ^{ns}	98479,7 ^{**}	19,69	1032,5	641,4	391,1	99,5	102,3	94,0	III	0,285	0,212	0,289	0,213
SL 202	3273	1,040 ^{ns}	18164,2 ^{ns}	66,12	1056,8	622,1	434,8	100,5	104,1	94,4	I	0,297	0,208	0,290	0,205
SL 801	3261	1,134 ^{ns}	-8543,3 ^{ns}	81,86	960,6	512,9	447,7	100,5	98,8	104,8	I	0,300	0,251	0,238	0,211
SL 2382	3256	1,319 ^{ns}	110220,2 ^{**}	53,94	1098,0	590,8	507,2	98,3	98,0	99,9	I	0,305	0,214	0,278	0,204
SL 2182	3241	0,995 ^{ns}	32032,6 ^{ns}	58,78	1130,0	635,5	494,5	99,2	100,8	97,0	I	0,298	0,203	0,296	0,202
SL 1613	3240	1,178 ^{ns}	11063,5 ^{ns}	74,19	1087,8	587,5	500,3	99,3	99,1	99,8	I	0,295	0,227	0,266	0,213
SL 1769	3198	1,605 ⁺	93462,2 ^{**}	66,21	1058,0	563,6	494,4	96,2	96,7	94,4	I	0,280	0,222	0,277	0,221
SL 9	3198	1,017 ^{ns}	-24873,4 ^{ns}	89,63	1157,7	626,4	531,3	99,1	98,0	101,5	I	0,293	0,239	0,253	0,216
SL 36	3192	1,669 ⁺	8249,1 ^{ns}	85,98	1070,6	525,5	545,0	96,8	94,0	104,1	II	0,271	0,271	0,229	0,229
SL 1132	3177	1,417 ^{ns}	-615,1 ^{ns}	84,63	1028,4	508,8	519,6	97,3	94,6	104,3	I	0,284	0,266	0,230	0,220
SL 13	3168	1,695 ⁺	-26590,0 ^{ns}	96,56	1083,1	536,6	546,6	96,6	94,3	101,6	I	0,273	0,265	0,234	0,228
CONQUISTA	3110	0,297 ⁺	-4713,7 ^{ns}	21,44	1205,3	737,6	467,6	95,5	98,9	89,8	III	0,244	0,218	0,290	0,248
SL 120	3090	0,911 ^{ns}	22292,7 ^{ns}	58,22	1220,9	675,2	545,8	94,7	95,0	94,3	III	0,262	0,224	0,279	0,235
SL 11	3080	0,316 ⁺	96215,7 ^{**}	6,93	1122,2	673,9	448,2	93,3	93,2	94,0	IV	0,237	0,251	0,248	0,264
SL 12	3038	2,120 ⁺⁺	47622,2 ^{ns}	84,06	1167,0	528,2	638,8	90,3	85,0	103,9	II	0,228	0,313	0,203	0,256
SL 1148	3005	0,823 ^{ns}	44601,5 ^{ns}	45,20	1178,9	654,7	524,2	91,7	90,3	94,1	IV	0,216	0,279	0,219	0,286
SL 1270	2996	0,152 ⁺⁺	90624,1 ^{**}	1,78	1218,9	703,9	515,0	90,9	91,8	88,2	IV	0,221	0,259	0,236	0,284
SL 1136	2946	0,751 ^{ns}	70544,1 [*]	34,25	1222,6	692,7	529,9	89,6	88,0	93,4	IV	0,202	0,275	0,214	0,309
SL 1283	2782	0,781 ^{ns}	291098,8 ^{**}	15,55	1369,1	770,3	598,7	82,5	80,3	88,7	IV	0,167	0,272	0,184	0,377
SL 1264	2651	1,304 ^{ns}	28505,5 ^{ns}	72,08	1481,3	798,6	682,7	80,4	78,4	84,2	IV	0,142	0,251	0,161	0,446
SL 1232	2533	0,683 ^{ns}	134559,1 ^{**}	21,23	1672,2	1006,8	665,4	75,9	77,7	73,4	IV	0,127	0,189	0,163	0,521

⁺ e ⁺⁺ = significativamente diferente de 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; ^{*} e ^{**} = significativamente maior que 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não-significativo (P>0,05); ^{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 (--).

A linhagem SL 712 apresentou os menores valores de P_i , sendo classificada como de alta estabilidade, coincidindo com a classificação obtida pela metodologia de Eberhart e Russell (1966). Entretanto, as linhagens SL 202, SL 801, SL 2182, SL 1613 e as cultivares padrão Xingu e Emgopa 315, classificadas como estáveis pelo método de Eberhart e Russell (1966), apresentaram P_{is} intermediários pelo método de Lin e Binns (1988), sendo, portanto, classificadas como de média estabilidade. A linhagem SL 31 mostrou-se mais adaptada a ambientes favoráveis, diferindo da classificação da linhagem SL 2435 que mostrou ser mais adaptada a ambientes desfavoráveis.

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente (Tabela 5). O método baseia-se na estimação de um índice de confiança (W_i) de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior.

Com base no índice de confiança ou de recomendação, pode-se indicar os genótipos SL 2238, Uirapuru, SL 712, SL 1949 e Xingu como os cinco de melhor adaptação, considerando os seus comportamentos em todos os ambientes. Nos ambientes favoráveis (Campo Verde e Vera) os genótipos SL 2238, Uirapuru, SL 712, SL 31 e SL 1949, foram os cinco com comportamentos mais estáveis. Nos ambientes classificados como desfavoráveis (Rondonópolis I, II, III e Nova Brasilândia) os cinco genótipos mais estáveis foram: SL 2238, Xingu, Uirapuru, SL 2435 e SL 712.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992), com classificação obtida pela metodologia de Lin e Binns (1988), observou-se que os cinco melhores genótipos indicados pela metodologia de Annicchiarico como sendo de estabilidade geral coincidem com a classificação obtida pela metodologia de Lin e Binns (1988), com exceção da cultivar M-Soy 8329, que foi classificada como a 4ª e 6ª mais estável pelas metodologias de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), respectivamente. Nos ambientes classificados como favoráveis e desfavoráveis, houve coincidência entre os cinco melhores genótipos em ambas as metodologias, exceto para a cultivar Xingu, que apresentou o segundo maior índice de confiança para ambientes favoráveis, pela metodologia de Annicchiarico (1992) e o sexto menor P_i pela metodologia de Lin e Binns (1988).

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).

Após a classificação dos ambientes, os ideótipos estimados com base nos dados originais foram acrescentados na análise (Tabela 7). Uma vez estabelecidos os valores médios de cada ideótipo, utilizou-se a análise de componentes principais envolvendo os 30 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, mostra que, apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções superiores a 74% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, a avaliação da posição dos genótipos pode ser feita por meio de gráficos bidimensionais (Carvalho et al. 2002).

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

Ambientes	Média (kg ha ⁻¹)	I _j	Produtividade		Ideótipos			
			Máxima	Mínima	I	II	III	IV
Rondonópolis I	3109	-91,43	3479	2489	3479	2489	3479	2489
Rondonópolis II	3177	-23,19	3594	2515	3594	2515	3594	2515
Rondonópolis III	2837	-363,97	3686	1875	3686	1875	3686	1875
N. Brasilândia	3145	-55,20	4216	1740	4216	1740	4216	1740
Campo Verde	3234	33,76	3974	2335	3974	3974	2335	2335
Vera	3701	500,03	4336	2818	4336	4336	2818	2818

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
3,03095	50,52	50,51
1,45619	24,27	74,78
0,57920	9,65	84,44
0,49314	8,22	92,66
0,22508	3,75	96,41
0,21541	3,59	100,0

A análise visual do gráfico 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. Os seguintes genótipos: 22 (SL 2238), 29 (Uirapuru), 20 (SL 1949) e 9 (SL 712) foram classificados 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.

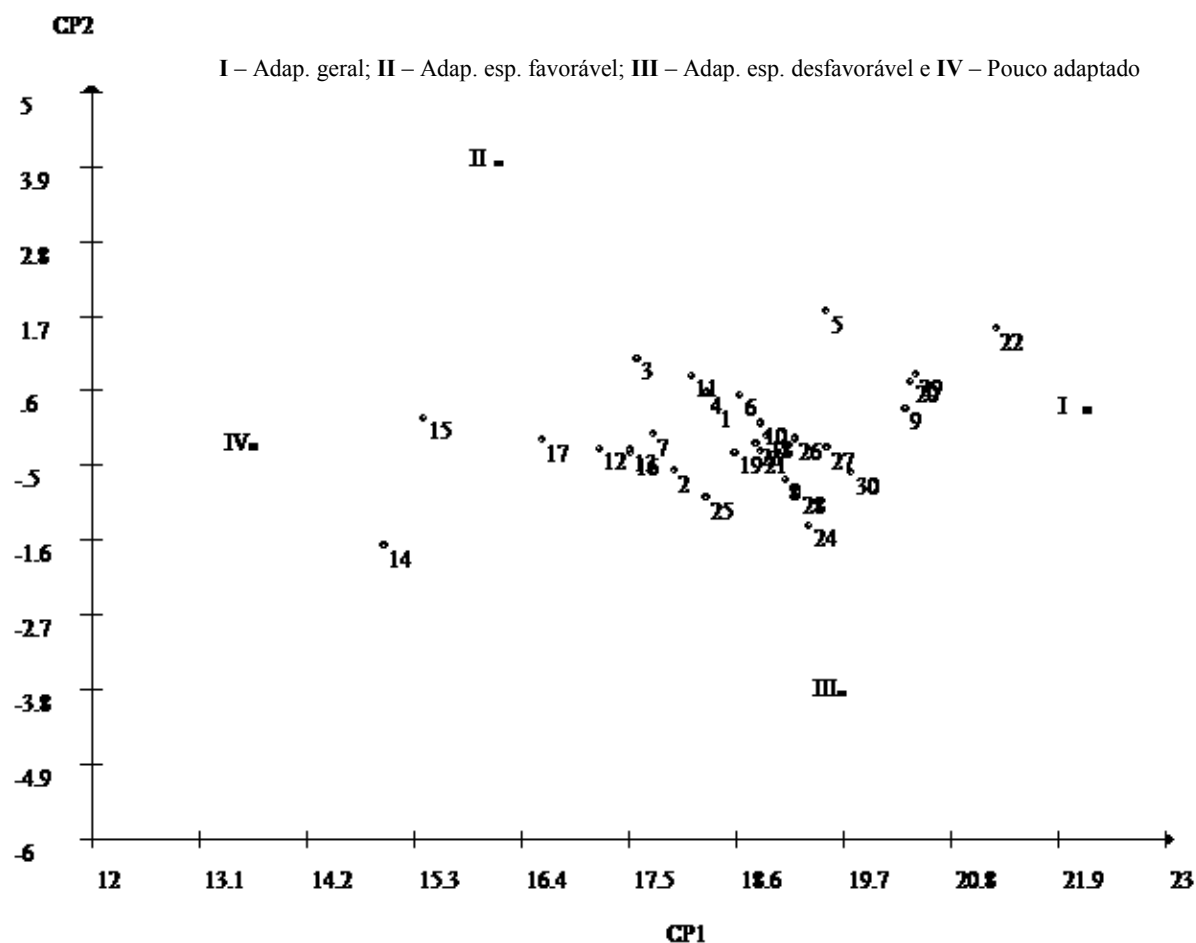


Gráfico 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 30 genótipos de soja avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. 1 = SL 9; 2 = SL 11; 3 = SL 12; 4 = SL 13; 5 = SL 31; 6 = SL 36; 7 = SL 120; 8 = SL 202; 9 = SL 712; 10 = SL 801; 11 = SL 1132; 12 = SL 1136; 13 = SL 1148; 14 = SL 1232; 15 = SL 1264; 16 = SL 1270; 17 = SL 1283; 18 = SL 1613; 19 = SL 1769; 20 = SL 1949; 21 = SL 2182; 22 = SL 2238; 23 = SL 2382; 24 = SL 2435; 25 = CONQUISTA; 26 = EMGOPA 315; 27 = M-SOY 8329; 28 = M-SOY 8411; 29 = UIRAPURU e 30 = XINGÚ.

Na Tabela 6 são apresentadas às classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação. Pelo método Centróide os genótipos: SL 2238, Uirapuru, SL 1949, SL 712, Xingu, SL 31, M-Soy 8329, EMGOPA 315, SL 202, SL 801, SL 2382, SL 2182, SL 1613, SL 9, SL 1769, SL 1132 e SL 13 foram classificados para amplas condições ambientais (grupo I) com destaque para os genótipos SL 2238, Uirapuru, SL 1949,

SL 712 e Xingu, além da linhagem SL 2435 que foi classificada como de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis.

Observa-se no gráfico de dispersão (Gráfico 1) e na Tabela 6, 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 de Annicchiarico (1992), observa-se que os genótipos SL 2238, Uirapuru, SL 1949, SL 712 e Xingu foram classificados como sendo de adaptabilidade geral.

CONCLUSÕES

- Pela análise de regressão proposta por Eberhart e Russell, os genótipos mais produtivos SL 2238, UIRAPURU e SL 1949, foram classificados como de baixa estabilidade;
- As metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide foram coerentes entre si e permitiram identificar, entre os genótipos avaliados, os de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade;
- Com base nas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide as linhagens de soja que mais se destacaram foram SL 2238, SL 1949 e SL 712, tendo em vista a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.541-548, 2000.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, 1998. Tese (Doutorado) 168f. Universidade Federal de Viçosa.

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. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.

CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no

- Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p,
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, n.219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, v.4, p.407-414, 1997.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- FREEMAN, G. H.; PERKINS, J. M. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. **Heredity**, v. 27, p. 15-23, 1971.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: Where do we stand? **Crop Science**, Madison, v.26, p.894-900, 1986.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SIVLA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p 49-58, 2002.
- PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, Oxford, v. 23, p. 339-356, 1968.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 1990, 468p.
- PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v.36, p.381-385, 1959.
- PRADO, E.E.P.; HIRIMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M. RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.
- RAMALHO, M.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. Interação dos genótipos por ambientes. In: _____. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Ed. da UFG, 1993. p.137-170.

- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.
- TAI, G. C. C. Genotype stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 184-190, 1971.
- SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.41, n.1, p.23-30, 2006.
- SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. **Biometrics**, Washington, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.
- WRICKE, G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.

MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA ANÁLISE DE ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE EM SOJA [*Glycine max* (L.) Merrill]

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de 17 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no Estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizou-se os métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide. A produtividade média de grãos, de em todos os ambientes, foi de 3080,1 kg ha⁻¹. Pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, as cultivares M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré apresentaram coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$) e desvio da regressão (σ_{di}^2) não significativos, ou seja, adaptabilidade geral e alta estabilidade. Pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide, a linhagem BCR 03 142498 e as cultivares padrões M-soy 8329 e M-soy 8411 foram classificadas para amplas condições ambientais, ou seja, alta estabilidade. Com base nas metodologias de Lin e Binns (1988), Annicchiarico (1992) e Centróide foi recomendada a linhagem denominada BCR 03 142498, para amplas condições ambientes.

Palavras-chave: *Glycine max*, Produtividade, estabilidade, adaptabilidade.

STATISTICAL METHODS FOR STABILITY AND ADAPTABILITY ANALYSES IN SOY [*Glycine max* (L.) Merr.]

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the performance, stability and adaptability of 17 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 three replicates. The tests were carried out at 2004/05 and 2005/06 agricultural years at the municipalities of Rondonópolis, Campo Verde and Vera. The stability and adaptability were evaluated by the methods proposed by Eberhart and Russel (1966), Lin and Binns (1988), and modified by Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) and Centroid method (Rocha et al., 2005). The mean grain productivity was 3080.1 kg ha⁻¹ at all environments. In agreement with the methodology proposed by Eberhart and Russel (1966) the cultivars M-soy 8329, M-soy 8411, “Conquista”, FT-109 and “Tucunaré” presented regression coefficient statistically equal to one ($\beta_1=1$) and non-significant deviation regression (σ_{di}^2), which is classified as general adaptability and high stability. By using the methodologies proposed by Lin and Binns, Annicchiarico and Centroid method the lines BCR 03 142498 and the standard cultivars M-soy 8329 and M-soy 8411 were classified to the wide environmental condition, which means, high stability. The line BCR 03 142498 was recommend according to the methodologies developed by Lin and Binns (1988), Annicchiarico (1992) and Centroid Method (Rocha et al., 2005) to a wide range of environmental conditions.

Key-words: *Glycine max*, productivity, stability, adaptability.

INTRODUÇÃO

A interação genótipos x ambientes constitui-se num dos maiores problemas dos programas de melhoramento de qualquer espécie, seja na fase de seleção ou recomendação de cultivares. Entre as alternativas para se amenizar a influência dessa interação, tem sido recomendado o emprego de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade.

A adaptabilidade é a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, a estabilidade é a capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível em função do estímulo do ambiente (Cruz e Carneiro, 2003). Para avaliação dos genótipos, visando estudos de adaptabilidade e estabilidade, é necessário conduzir experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições

ambientais, sendo, portanto, uma das etapas mais importante, trabalhosa e onerosa, em um programa de melhoramento (Silva e Duarte, 2006; Maia et al., 2006; Rocha et al., 2005; Nunes et al., 2002; Atroch et al., 2000; Prado et al., 2001 e Farias, et al., 1997).

Dentre os métodos existentes para estudo de adaptabilidade e estabilidade, os que baseiam-se em regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos com o efeito do ambiente, que geralmente é estimado utilizando o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (Cruz & Regazzi, 1994). Como exigências desses métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise (três para os métodos que utilizam regressão linear simples e seis para os que utilizam regressão linear bissegmentada), o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística, a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado na classificação dos ambientes e a produtividade média da cultivar (Cruz et al., 1989).

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 da performance 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, nove genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio e oito cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Eberhart & Russell (1966); Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998); 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 semiprecoce/médio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, nas localidades de Campo Verde, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos quatro ensaios, denominados Rondonópolis I, II, III e IV, que corresponderam a diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados 17 genótipos, dos quais oito cultivares padrão (Conquista, Emgopa 315, FT – 109, M-Soy 8329, M-Soy 8411, Pintado, Tucunaré e Xingu).

Tabela 1 - Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, 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	20/11/2005
Rondonópolis IV	227	16°28'15" S	54°38'08" W	15/12/2005
Campo Verde	736	15°32'48" S	55°10'08" W	14/12/2004
Vera	383	12°18'21" S	55°19'01" W	29/11/2004

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com três repetições. As parcelas foram formadas por quatro fileiras de plantas (5 m), espaçadas em 0,45 m. A área útil da parcela foi de 3,6 m², colhendo-se as duas fileiras centrais, exceto 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), 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 (2,3626). Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Eberhart & Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005).

A metodologia de Eberhart & Russell (1966) usa, na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo (μ_i), o seu coeficiente de regressão (β_i) e a variância dos desvios dessa regressão (σ_{di}^2). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ em que } I_j = \frac{\sum_i Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a - 2}$$

A estatística de estabilidade e adaptabilidade P_i , adotada pelo método de Lin & Binns (1988), é obtida por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2a}$$
, em que M_j é a produtividade máxima entre todos os genótipos, no j -ésimo ambiente. O genótipo estável é aquele que apresentar o menor índice P_i .

A estimativa da MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento) fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin & Binns (1988), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998), estimada por:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}$$
, em que: f = número de ambientes favoráveis.

Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}$$
, onde: d = número de ambientes desfavoráveis.

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

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

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:

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

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,08 a 11,55% (Tabela 2), indicando controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente. Segundo Carvalho et al. (2003) o limite máximo de coeficiente de variação para produtividade de grãos em soja é de 16%, neste caso, os coeficientes obtidos neste trabalho estão dentro do limite aceitável para tal característica.

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 semiprecoce/médio, no Estado do Mato Grosso

Ambiente	$\bar{Y}_{.j}$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I	2981,4	58096,6703	8,08
Rondonópolis II	2939,1	86312,0306	9,99
Rondonópolis III	3561,5	137258,8227	10,40
Rondonópolis IV	2830,8	95031,9742	10,89
Campo Verde	2919,9	113847,1372	11,55
Vera	3248,8	103793,8370	9,91

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). Todos os ambientes apresentaram interação do tipo complexa, (Tabela 3), ou seja, houve inconsistência na superioridade do genótipo com a variação ambiental, o que 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 17 genótipos de soja (ciclo semiprecoce/médio) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	12	2994571,0196	249547,5849	-	-
Ambientes (A)	5	19276293,8039	3855258,7607	15,448	<0,000
Genótipos (G)	16	6878542,3921	429908,8995	1,511	<0,116
Interação GxA	80	22760491,5294	284506,1441	2,872	<0,000
Resíduo	192	19018898,3137	99056,7620	-	-

Tabela 4 – Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares de ambientes, segundo metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semiprecoce/médio, no Estado do Mato Grosso, safras 2004/2005 e 2005/2006

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	0,076	96,063
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,266	85,360
Rondonópolis I e Rondonópolis IV	0,334	76,246
Rondonópolis I e Campo Verde	-0,565*	119,322 ^{1/}
Rondonópolis I e Vera	0,148	92,121
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,429	74,792
Rondonópolis II e Rondonópolis IV	-0,050	97,146
Rondonópolis II e Campo Verde	0,276	78,242
Rondonópolis II e Vera	0,351	80,478
Rondonópolis III e Rondonópolis IV	0,164	88,578
Rondonópolis III e Campo Verde	0,263	74,886
Rondonópolis III e Vera	0,092	94,445
Rondonópolis IV e Campo Verde	-0,228	92,203
Rondonópolis IV e Vera	0,260	79,108
Campo Verde e Vera	-0,174	103,455

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

^{1/} Valores maiores que 100% estão associados a altas correlações negativas.

A produtividade média variou de $2830,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (Rondonópolis IV) a $3561,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (Rondonópolis III), com média geral de $3080,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem BCR 03141492 ($3913,3 \text{ kg ha}^{-1}$) com média em todos os ambientes de $3077,5 \text{ kg ha}^{-1}$. A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem BCR 03141819 ($1877,3 \text{ kg ha}^{-1}$), entretanto, a menor produtividade, em todos os ambientes foi obtida pela linhagem BCR 02 31 ($2756,1 \text{ kg ha}^{-1}$).

Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos de genótipos de soja de ciclo

semiprecoce/médio em seis ambientes, em Mato Grosso*

Genótipos	Ambientes						Média
	Ron. I	Ron. II	Ron. III	Ron. IV	C. Verde	Vera	
BCR 02 31	2374,0	2714,7	2925,0	2697,7	2934,7	2890,3	2756,1
BCR 02 59	3046,0	2799,0	3698,3	3174,0	2471,3	3005,0	3032,3
BCR 03 141492	3534,0	3026,7	3913,3	2651,7	2290,3	3049,0	3077,5
BCR 03 141725	3126,7	2561,3	3336,3	2884,7	2519,0	3708,0	3022,7
BCR 03 141819	3182,7	2540,0	3086,3	2991,0	1877,3	3522,7	2866,7
BCR 03 142494	2667,3	3389,0	3566,7	2596,3	3419,3	3080,3	3119,8
BCR 03 142498	2857,7	3505,0	3681,0	2746,7	2838,3	3898,3	3254,5
BCR 03 142832	2908,0	2929,0	3800,7	2716,0	2778,0	3199,0	3055,1
BCR 03 154615	2948,3	2650,7	3168,7	2460,3	2955,7	2751,3	2822,5
CONQUISTA	2992,7	2840,7	3624,0	3162,3	3276,0	3054,0	3158,3
EMGOPA 315	2619,3	2979,0	3902,3	3058,3	3419,7	3485,3	3244,0
FT – 109	3139,7	2930,7	3632,3	2966,0	3046,0	3029,3	3124,0
M-SOY 8329	3437,7	3421,0	3759,3	2977,3	2835,0	3286,3	3286,1
M-SOY 8411	3259,0	3223,3	3475,3	3015,0	3103,3	3606,7	3280,4
PINTADO	2700,7	2598,3	3731,7	2553,3	3563,0	2948,3	3015,9
TUCUNARÉ	3142,0	2656,7	3668,3	2906,0	2950,0	3237,3	3093,4
XINGU	2748,3	3182,3	3576,7	2566,7	3362,3	3478,3	3152,4
Média	2981,4	2938,1	3561,5	2830,8	2920,0	3248,8	3080,1

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 733,095 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 889,816 kg ha⁻¹; C.V. (%) = 10,21.

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998), Annicchiarico (1992) e Centróide (Rocha et al. 2005), encontram-se na Tabela 6.

Pelo método de Eberhart e Russell, as cultivares padrões M-soy 8329, M-soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 e desvio da regressão não significativos. Portanto, por essa metodologia foram classificados como sendo de ampla adaptabilidade e alta estabilidade ou previsibilidade.

As linhagens BCR 03 142498 e BCR 03 142494 e as cultivares padrões Emgopa 315 e Xingu apresentaram produtividades média superior a média geral. Esses genótipos, por essa metodologia, possuem ampla adaptabilidade, pois apresentam coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1. Entretanto, apresentam desvios da regressão significativos, ou seja, são de baixa estabilidade.

A linhagem BCR 02 31 apresentou coeficiente de regressão significativamente < 1 e desvio da regressão não significativo, sendo classificada para condições de adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis e alta estabilidade. Entretanto, esta linhagem apresentou a menor produtividade média geral 2756,1 kg ha⁻¹ e 2680,3 kg ha⁻¹ quando se considerou apenas os ambientes desfavoráveis (Rondonópolis I, II, IV e Campo Verde).

A metodologia de Lin e Binns (1988) baseia-se na estimativa do parâmetro P_i (Tabela 6), que mede o desvio da produtividade de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis. O genótipo ideal por esse método é aquele com média alta e menor valor de P_i .

Tabela 6 – Produtividade média (kg ha⁻¹), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R²), P_{is} (geral, favorável e desfavorável), W_{is} (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 semiprecoce/médio, em Mato Grosso

Genótipos	Média	Eberhart e Russell (1966)			Lin e Binns (1988)			Annicchiarico (1992) ^{1/}			Centróide ^{2/}				
		$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	Geral	Fav.	Desfav.	Geral	Fav.	Desfav.	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
M-SOY 8329	3286	0,907 ^{ns}	30160 ^{ns}	55,19	561,20	274,63	286,57	104,6	102,5	106,0	I	0,355	0,189	0,282	0,175
M-SOY 8411	3280	0,671 ^{ns}	-13080 ^{ns}	68,09	530,45	268,95	261,50	105,4	101,7	107,4	I	0,394	0,177	0,270	0,159
BCR 03 142498	3254	1,351 ^{ns}	106338**	55,32	493,56	191,18	302,38	102,3	108,4	99,2	I	0,342	0,254	0,216	0,188
EMGOPA 315	3244	1,257 ^{ns}	72028*	58,70	586,85	221,15	365,71	102,5	107,9	100,2	I	0,346	0,223	0,244	0,187
CONQUISTA	3158	0,657 ^{ns}	18716 ^{ns}	44,06	704,81	332,12	372,69	100,7	96,3	103,0	III	0,293	0,193	0,315	0,199
XINGU	3152	1,078 ^{ns}	66648*	52,40	638,52	273,17	365,35	99,6	102,4	98,2	I	0,320	0,218	0,264	0,198
FT – 109	3124	0,811 ^{ns}	-11170 ^{ns}	73,99	706,15	334,67	371,48	100,3	95,9	102,8	III	0,282	0,201	0,307	0,210
BCR 03 142494	3120	0,787 ^{ns}	119005**	27,79	757,38	336,97	420,42	98,15	96,45	99,35	III	0,287	0,198	0,310	0,205
TUCUNARÉ	3093	1,132 ^{ns}	-4170 ^{ns}	80,77	656,07	296,52	359,55	98,9	100,6	98,0	I	0,278	0,239	0,258	0,226
BCR 03 141492	3077	1,566 ^{ns}	163019**	54,18	646,85	287,66	359,19	95,7	98,7	93,8	II	0,250	0,266	0,236	0,249
BCR 03 142832	3055	1,441 ^{ns}	-27700 ^{ns}	97,36	692,18	281,82	410,36	97,7	101,0	96,5	II	0,256	0,272	0,231	0,242
BCR 02 59	3032	1,065 ^{ns}	68340*	51,37	743,04	328,16	414,89	95,7	95,9	95,3	IV	0,232	0,259	0,240	0,270
BCR 03 141725	3022	1,156 ^{ns}	106805**	47,46	600,85	274,84	326,01	95,0	99,9	92,4	II	0,234	0,306	0,208	0,252
PINTADO	3015	1,194 ^{ns}	158223**	41,33	783,20	331,81	451,39	94,1	95,0	93,3	III	0,264	0,226	0,277	0,233
BCR 03 141819	2866	0,950 ^{ns}	301550**	20,31	715,34	342,91	372,43	88,3	93,3	85,3	IV	0,185	0,304	0,189	0,323
BCR 03 154615	2822	0,623 ^{ns}	10052 ^{ns}	46,02	925,02	450,65	474,37	89,9	86,0	92,4	IV	0,200	0,213	0,275	0,312
BCR 02 31	2756	0,353 ⁺	12578 ^{ns}	20,55	1000,6	467,02	533,59	87,6	84,2	89,5	IV	0,183	0,219	0,243	0,355
Média geral	3080														

⁺ = significativamente diferente de 1 a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; * e ** = significativamente maior que 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não-significativo (P>0,05); ^{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 (--).

A linhagem BCR 03 142498 e as cultivares padrões M-soy 8329 e M-soy 8411 apresentaram as maiores médias de produtividade e menores valores de P_i geral, favorável e desfavorável, sendo, portanto, indicadas por essa metodologia como de alta estabilidade. Entretanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) a linhagem BCR 03 142498 foi classificada como de baixa estabilidade.

As cultivares Conquista, FT-109 e Tucunaré, foram classificadas pela metodologia de Lin e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998) como sendo de estabilidade intermediária, discordando da classificação obtida pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), que as classificou como sendo de alta estabilidade.

No método proposto por Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente (Tabela 6). 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 (W_i), pode-se indicar os genótipos M-soy 8329, M-soy 8411, BCR 03 142498, Emgopa 315 e Conquista como os cinco de melhor adaptabilidade, considerando o seu comportamento em todos os ambientes. Nos ambientes favoráveis (Rondonópolis III e Vera) os genótipos BCR 03 142498, Emgopa 315, M-soy 8329, Xingu e M-soy 8411 foram os cinco com comportamento mais estável. Nos ambientes classificados como desfavoráveis (Rondonópolis I, II IV e Campo Verde) os genótipos mais estáveis foram: M-soy 8411, M-soy 8329, Conquista FT 109.

Comparando a classificação da estabilidade fenotípica dos genótipos obtida pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992) com a classificação obtida pela metodologia de Lin e Binns (1988), observa-se que os cinco melhores genótipos indicados pela metodologia de Annicchiarico como sendo de estabilidade geral, são os mesmos indicados pela metodologia de Lin e Binns (1988), com exceção da cultivar Xingu, que foi classificada como a 5ª e 6ª mais estável pelas metodologias de Lin e Binns (1988) e Annicchiarico (1992), respectivamente.

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).

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 17 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, mostra que apenas dois componentes principais são suficientes para explicar proporções próximas a 65% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, a avaliação da posição dos genótipos pode ser feita por meio de gráfico bidimensional (Carvalho et al., 2002).

Tabela 7 – Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio, em Mato Grosso

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipos			
					I	II	III	IV
Ron. I	2981,4	-98,68	3534,0	2374,0	3534,0	2374,0	3534,0	2374,0
Ron. II	2938,1	-142,02	3505,0	2540,0	3505,0	2540,0	3505,0	2540,0
Ron. III	3561,5	481,45	3913,3	2925,0	3913,3	3913,3	2925,0	2925,0
Ron. IV	2830,8	-4249,31	3174,0	2460,3	3174,0	2460,3	3174,0	2460,3
C. Verde	2919,9	-160,14	3563,0	1877,3	3563,0	1877,3	3563,0	1877,3
Vera	3248,8	168,70	3898,3	2751,3	3898,3	3898,3	2751,3	2751,3

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
2,389239	39,82	39,82
1,362136	22,70	62,52
0,998158	16,63	79,16
0,549495	9,16	88,32
0,483580	8,06	96,38
0,217390	3,62	100,0

A análise visual do gráfico 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. Os seguintes genótipos: 13 (M-soy 8329), 14 (M-soy 8411), 7 (BCR 03 142498) e 11 (Emgopa 315) foram classificados como sendo de adaptabilidade geral por localizarem-se mais próximos do ideótipo I (Gráfico 1). 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.

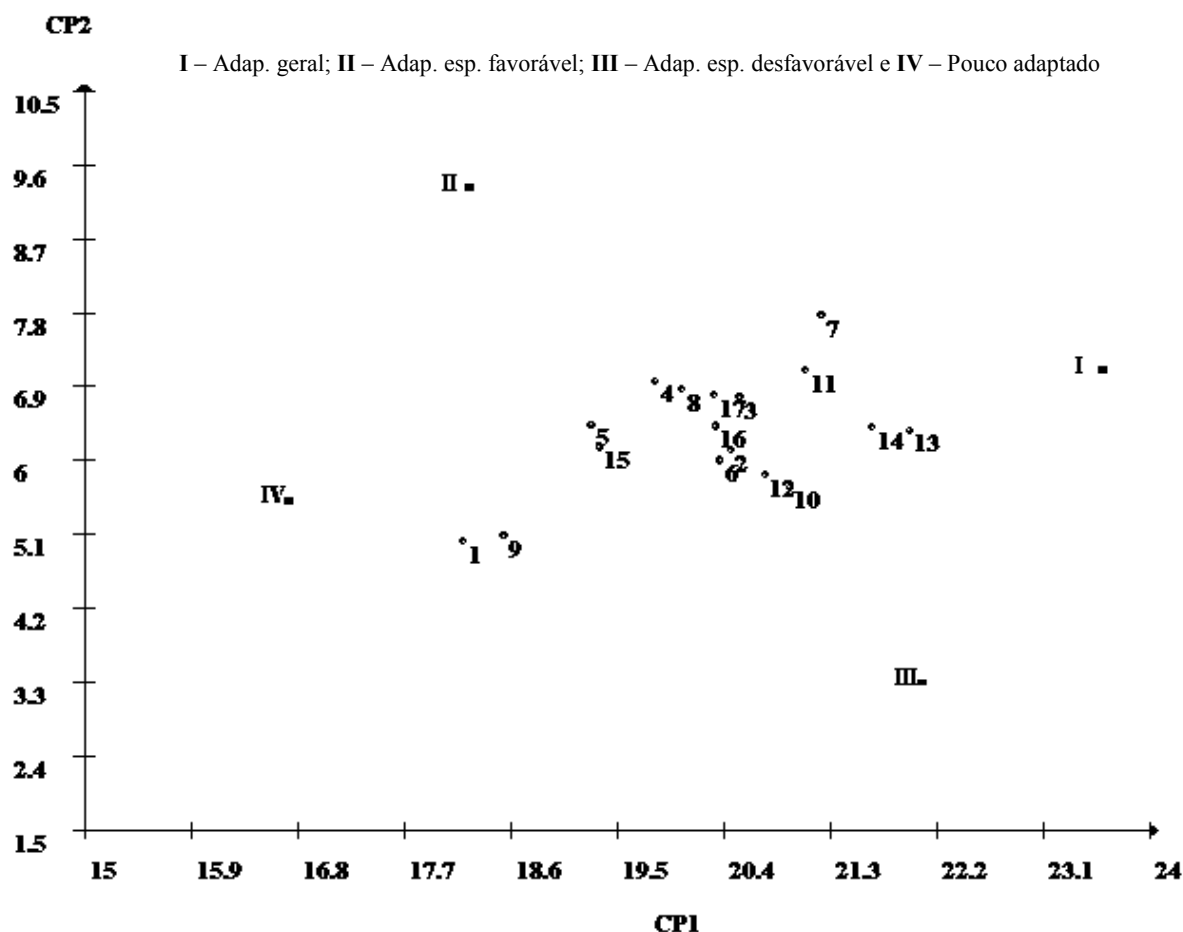


Gráfico 1. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos análise da produtividade de 17 genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: 1- BCR 02 31; 2 - BCR 02 59; 3 - BCR 03 141492; 4 - BCR 03 141725; 5 - BCR 03 141819; 6 - BCR 03 142494; 7 - BCR 03 142498; 8 - BCR 03 142832; 9 - BCR 03 154615; 10 - CONQUISTA; 11 - EMGOPA 315; 12 - FT - 109; 13 - M-SOY 8329; 14 - M-SOY 8411; 15 - PINTADO; 16 - TUCUNARÉ e 17 - XINGU.

Na Tabela 6 são apresentadas às classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação. Pela método Centróide os genótipos M-soy 8329; M-soy 8411; BCR 03 142498; Emgopa 315; Xingu e Tucunaré foram classificados para amplas condições ambientais (grupo I). Destacando-se os genótipos de adaptabilidade geral, M-soy 8329; M-soy 8411; BCR 03 142498 e Emgopa 315, além da linhagem BCR 02 31 classificada como de baixa adaptabilidade (grupo III).

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 de Annicchiarico (1992), observa-se que os genótipos M-soy 8411 e M-soy 8329 foram classificados como sendo de adaptabilidade geral em ambas as metodologias. Entretanto, pela metodologia de Annicchiarico (1992), os genótipos BCR 03 142498 e Emgopa 315 foram classificadas como adaptadas a ambientes favoráveis, discordando da classificação proposta pelo método Centróide.

CONCLUSÕES

- Pela análise de regressão proposta por Eberhart e Russell, os genótipos M-Soy 8329, M-Soy 8411, Conquista, FT - 109 e Tucunaré, foram classificados como ampla adaptabilidade e alta estabilidade;
- Os resultados obtidos pelas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide foram similares e permitiram identificar, entre os genótipos avaliados, os de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade;
- Com base nas metodologias de Lin e Binns, Annicchiarico e Centróide a linhagem de soja BCR 03 142498 comportou-se como a mais indicada para cultivo, tendo em vista a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.541-548, 2000.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, 1998. Tese (Doutorado) 168f. Universidade Federal de Viçosa.

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. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.

CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. V.2, 585p.

- 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, p. 567-580, 1989.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, n.219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, p.407-414, 1997.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SILVA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agronômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 1990, 468p.
- PRADO, E.E.P.; HIRIMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M. RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.
- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.
- SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.41, n.1, p.23-30, 2006.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA, NO ESTADO DO MATO GROSSO

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, 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 em 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 Eberhart e Russell (1966) e Centróide. O rendimento médio de grãos variou de 3102 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) a 3513 kg ha⁻¹ (Vera), com média geral, em todos os ambientes de 3297 kg ha⁻¹. Pela metodologia proposta por Eberhart e Russell, as linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 e a cultivar padrão Uirapuru apresentaram as maiores médias, ampla adaptabilidade ($\beta_1=1$) e σ_{di}^2 não significativo, ou seja, alta estabilidade. Pela metodologia denominada Centróide, as linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022 e SL 703 foram classificadas como as mais adaptadas e estáveis, sendo portanto, recomendadas para amplas condições ambientais do Estado do Mato Grosso.

Palavras-chave: *Glycine max*, produtividade, estabilidade, adaptabilidade.

STABILITY AND ADAPTABILITY OF SOY GENOTYPES AT STATE OF MATO GROSSO

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the performance, 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 years at the municipalities of Rondonópolis,

Campo Verde, Nova Brasilândia and Vera. The stability and adaptability were evaluated by the methods developed by Eberhart and Russel (1966) and Centroid method (Rocha et al., 2005). The mean grain yield varied from 3102 kg ha⁻¹ (Rondonópolis III) to 3513 kg ha⁻¹ (Vera) with general mean in all environments of 3297 kg ha⁻¹. According to the methodologies proposed by Eberhart and Russel the lines SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 and the standard cultivar “Uirapuru” presented the highest averages, and therefore a wide adaptability ($\beta_1=1$) and high stability (non-significant σ_{di}^2). The lines SL 10, SL 1842, SL 2022 and SL 703 were classified as the most adapted and stable according to the Centroid method which is recommend for a wide range of environmental conditions at the state of Mato Grosso.

Key-words: *Glycine max*, productivity, stability, adaptability.

INTRODUÇÃO

Considerando as inúmeras variações ambientais em que a soja é comumente submetida, é esperado que a interação genótipo 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).

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 e Farias, et al., 1997). Isso porque exige a condução de experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais.

Entre os métodos utilizados para estudos de adaptabilidade e estabilidade, os que baseiam-se em análises de regressão relacionam as respostas individuais dos genótipos com o efeito do ambiente, que geralmente é estimado utilizando o índice ambiental associado tanto à regressão linear simples quanto à regressão linear bissegmentada (Cruz & Regazzi, 1997). Como exigências desses métodos, destacam-se: o número mínimo de ambientes para análise (três para os métodos que utilizam regressão linear simples), o maior número de parâmetros que devem ser simultaneamente avaliados para a recomendação, e um problema de ordem estatística, a existência de dependência entre o índice ambiental utilizado para classificar os ambientes e a produtividade média da cultivar (Cruz et al., 1989).

Segundo Eberhart & Russell (1966), a cultivar ideal é aquela que tem alta produtividade, coeficiente de regressão igual a unidade e desvio de regressão não significativo. Lin et al. (1986) apresentaram críticas aos métodos que baseiam-se no desvio da regressão como parâmetro de estabilidade. Segundo os autores, esse parâmetro serve apenas para indicar o ajuste dos dados à equação obtida, ao invés de maior ou menor estabilidade da cultivar. Reiteram que, baixa adaptação representada por σ_{di}^2 elevado ou coeficiente de determinação (R_i^2) pequeno, deve ser interpretado como indicativo de que o uso do modelo de regressão para estimar a estabilidade não é apropriado e que alternativas devam ser investigadas.

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 da performance 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 no desempenho, na estabilidade e na adaptabilidade, 24 linhagens de soja de ciclo médio e cinco cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Eberhart & Russell (1966) 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 médio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, no ano agrícola 2004/05, nas localidades de Nova Brasilândia, Campo Verde, 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 cinco cultivares padrão (Emgopa 315, M-Soy 8411, M-Soy 8914, Uirapuru e Xingu).

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 $3,6 \text{ m}^2$, sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), 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 (2,5532). Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

Tabela 1. Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo médio, 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

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos seguintes métodos: Eberhart & Russell (1966) e Centróide (Rocha et al. 2005).

A metodologia de Eberhart & Russell (1966) usa, na avaliação individual dos genótipos, a produtividade média do genótipo (μ_i), o seu coeficiente de regressão (β_i) e a variância dos desvios dessa regressão (σ_{di}^2). Seus respectivos estimadores são dados por:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{a} \quad \hat{\beta}_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, \text{ em que } I_j = \frac{\sum_j Y_{ij}}{g} - \frac{\sum_i \sum_j Y_{ij}}{ag} \text{ (índice ambiental)}$$

$$\hat{\sigma}_{di}^2 = \frac{\left[\sum_j Y_{ij}^2 - \left(\sum_j Y_{ij} \right)^2 / a \right] - \left(\sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2}{a - 2}$$

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).

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

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:

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

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,91 a 12,71% (Tabela 2), indicando certo controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito influenciado pelo ambiente. Segundo Carvalho et al. (2003) 16% é o limite máximo de coeficiente de variação para produtividade de grãos em soja.

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 médio, no Estado do Mato Grosso

Ambiente	$\bar{Y}_{.j}$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I	3135,77	78164,9571	8,91
Rondonópolis II	3387,89	102393,1034	9,44
Rondonópolis III	3102,36	138249,1432	11,98
Rondonópolis IV	3515,39	199575,1040	12,71
Campo Verde	3127,90	151869,4605	12,45
Vera	3513,33	107861,7740	9,34

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 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	6621557,4310	367864,1350	-	-
Ambientes (A)	5	22646763,9310	4529352,7862	12,3125	<0,001
Genótipos (G)	28	29698309,6752	1060653,9169	2,1652	<0,000
Interação GxA	145	68580085,6523	489857,7546	3,7772	<0,000
Erro médio	504	65361537,5689	129685,5904	-	-

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, de ciclo médio, no Estado do Mato Grosso

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	-0,1886	108,034 ^{1/}
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,1595	86,447
Rondonópolis I e Nova Brasilândia	0,0527	92,896
Rondonópolis I e Campo Verde	0,1206	72,066
Rondonópolis I e Vera	-0,1206	105,615
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,2878	82,709
Rondonópolis II e Nova Brasilândia	-0,0527	101,490
Rondonópolis II e Campo Verde	0,1690	76,137
Rondonópolis II e Vera	0,2149	88,280
Rondonópolis III e Nova Brasilândia	0,4641*	73,183
Rondonópolis III e Campo Verde	0,3806*	69,788
Rondonópolis III e Vera	0,1551	88,729
Nova Brasilândia e Campo Verde	0,1761	82,137
Nova Brasilândia e Vera	0,0138	96,749
Campo Verde e Vera	0,3328	61,940

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

^{1/} Valores maiores que 100% estão associados a correlações negativas.

O rendimento médio de grãos variou de 3102 kg ha^{-1} (Rondonópolis III) a 3515 kg ha^{-1} (Nova Brasilândia), com média geral entre os ambientes de 3297 kg ha^{-1} (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem SL 505 (4174 kg ha^{-1}) com média em todos os ambientes de 3458 kg ha^{-1} . A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem SL 212 (1563 kg ha^{-1}), entretanto, a menor produtividade média em todos os ambientes foi obtida pela linhagem SL 2029 (2879 kg ha^{-1}).

Tabela 5 – Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de genótipos de soja de ciclo médio em seis ambientes, em Mato Grosso*

Genótipos	Ambientes						Média
	Ron. I	Ron. II	Ron. III	N. Bras.	C. Verde	Vera	
SL 3	3885	2742	3371	4009	2951	3060	3336
SL 10	3223	3988	3427	4102	3744	3899	3730
SL 207	3234	3151	3209	3930	4130	3502	3526
SL 211	3303	3416	3214	3218	2509	3358	3170
SL 212	3041	2939	2499	3614	1563	3641	2882
SL 301	3154	2692	2999	3278	3035	3202	3060
SL 306	3051	3454	3173	4101	2945	3379	3351
SL 418	2793	3727	3356	3168	2930	3411	3231
SL 505	2903	3300	3326	4174	3161	3884	3458
SL 510	2967	3083	2936	3728	3900	3848	3410
SL 512	2891	3076	3354	3736	3130	3518	3284
SL 703	3255	3325	3981	4009	3768	3625	3661
SL 1049	3229	3723	3111	2805	3276	3806	3325
SL 1680	3152	3612	3141	3269	3042	4097	3385
SL 1685	3520	3420	3716	3549	3707	3351	3544
SL 1696	2865	3431	2787	3204	3219	3596	3184
SL 1709	2897	3498	2653	3197	3287	3547	3180
SL 1842	3549	3698	3402	3563	3611	3814	3606
SL 1878	2750	3406	3083	3567	3558	3197	3260
SL 1882	3284	3567	2436	3240	3714	3167	3235
SL 2022	3340	3940	3578	3796	3191	3467	3552
SL 2029	3351	3163	2517	3274	2095	2871	2879
SL 2227	3059	3236	2506	3700	2434	3395	3055
SL 2385	2605	3841	3533	3651	2355	3284	3211
EMGOPA 315	2812	3196	2961	3147	3460	3820	3233
M-SOY 8411	3342	3232	2738	2816	2913	3607	3108
M-SOY 8914	2892	3716	2939	3538	2841	3189	3186
UIRAPURU	3267	3323	2983	3377	3354	3993	3383
XINGU	3328	3357	3042	3190	2889	3363	3195
Média	3136	3388	3102	3515	3128	3513	3297

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 725,639 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 949,975 kg ha⁻¹; C.V. (%) = 10,92.

As estimativas das médias dos genótipos e parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares e linhagens obtidas pelos métodos de Eberhart e Russell (1966), e Centróide (Rocha et al. 2005), encontram-se na Tabela 6.

As linhagens SL 10, SL 1842, SL 2022, SL 306 e a cultivar padrão Uirapuru apresentaram produtividade média elevada (superior a média geral), coeficientes de regressão estatisticamente igual a 1 ($\beta_1 = 1$) e desvio da regressão não significativo ($\sigma_{di}^2 = 0$). Portanto, pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) foram classificadas como sendo de adaptabilidade geral e alta estabilidade ou previsibilidade (Tabela 6).

Tabela 6 – Produtividade média (kg ha⁻¹), estimativas dos coeficientes de regressão ($\hat{\beta}_{li}$), dos desvios da regressão ($\hat{\sigma}_{di}^2$), coeficiente de determinação (R²) 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 médio, em Mato Grosso

Genótipos	Média	Eberhart e Russell (1966)			Centróide ^{1/}				
		$\hat{\beta}_{li}$	$\hat{\sigma}_{di}^2$	R ²	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
SL 10	3730	1,433 ^{ns}	13036,8 ^{ns}	68,78	I	0,474	0,185	0,199	0,142
SL 703	3661	0,116 ⁺	95369,8 ^{**}	0,51	I	0,422	0,161	0,271	0,146
SL 1842	3606	0,472 ^{ns}	-18686,0 ^{ns}	44,17	I	0,408	0,179	0,256	0,157
SL 2022	3552	0,821 ^{ns}	32927,4 ^{ns}	33,47	I	0,359	0,220	0,240	0,181
SL 1685	3544	-0,559 ⁺⁺	-20278,4 ^{ns}	55,7	I	0,348	0,155	0,343	0,154
SL 207	3526	0,285 ^{ns}	177272,0 ^{**}	1,85	I	0,354	0,175	0,304	0,168
SL 505	3458	2,046 ⁺	46310,2 [*]	72,19	I	0,311	0,264	0,222	0,203
SL 510	3410	1,103 ^{ns}	173565,8 ^{**}	22,38	I	0,315	0,210	0,278	0,198
SL 1680	3385	1,497 ^{ns}	59043,1 [*]	54,46	I	0,283	0,262	0,233	0,221
UIRAPURU	3383	1,161 ^{ns}	39388,1 ^{ns}	47,81	I	0,296	0,231	0,260	0,213
SL 306	3351	1,695 ^{ns}	42606,5 ^{ns}	65,13	II	0,273	0,277	0,224	0,226
SL 3	3336	0,016 ⁺	300636,6 ^{**}	0,01	III	0,262	0,207	0,305	0,226
SL 1049	3325	0,472 ^{ns}	136233,3 ^{**}	6,05	III	0,273	0,225	0,276	0,227
SL 512	3284	1,055 ^{ns}	34529,3 ^{ns}	44,79	I	0,266	0,236	0,263	0,234
SL 1878	3260	0,681 ^{ns}	69978,7 [*]	18,09	III	0,271	0,220	0,282	0,227
SL 1882	3235	0,427 ^{ns}	204951,5 ^{**}	3,62	III	0,262	0,217	0,289	0,232
EMGOPA 315	3233	0,958 ^{ns}	86735,3 ^{**}	27,34	III	0,259	0,228	0,275	0,238
SL 418	3231	0,858 ^{ns}	76627,6 ^{**}	24,77	IV	0,245	0,253	0,247	0,255
SL 2385	3211	1,788 ^{ns}	261307,2 ^{**}	34,68	II	0,218	0,319	0,198	0,265
XINGU	3195	0,563 ^{ns}	-634,6 ^{ns}	32,76	IV	0,232	0,235	0,265	0,268
M-SOY 8914	3186	1,432 ^{ns}	35310,9 ^{ns}	59,64	II	0,229	0,283	0,220	0,268
SL 1696	3184	1,223 ^{ns}	17438,9 ^{ns}	59,42	IV	0,241	0,251	0,249	0,259
SL 1709	3180	1,241 ^{ns}	43887,1 ^{ns}	49,63	IV	0,242	0,251	0,248	0,258
SL 211	3170	0,796 ^{ns}	75218,1 [*]	22,34	IV	0,216	0,257	0,236	0,292
M-SOY 8411	3108	0,628 ^{ns}	93125,5 ^{**}	13,29	IV	0,216	0,234	0,259	0,291
SL 301	3060	0,236 ^{ns}	18926,4 ^{ns}	5,01	III	0,209	0,208	0,294	0,290
SL 2227	3055	2,264 ⁺⁺	30311,4 ^{ns}	79,95	II	0,182	0,322	0,181	0,315
SL 212	2882	3,080 ⁺⁺	261563,0 ^{**}	61,16	IV	0,139	0,343	0,141	0,378
SL 2029	2879	1,215 ^{ns}	196750,2 ^{**}	23,92	IV	0,155	0,244	0,181	0,421
Média geral	3297								

⁺ e ⁺⁺ = significativamente diferente de 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; ^{*} e ^{**} = significativamente diferente de 0 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não-significativo (P>0,05); ^{1/} Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++), Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+), Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-), Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

As linhagens SL 207, SL 510, SL 1680 apresentaram produtividade média elevada, coeficiente de regressão igual a 1 ($\beta_1 = 1$), sendo, portanto, classificadas para amplas condições ambientais. Entretanto, apresentaram desvios da regressão significativo ($\sigma_{di}^2 \neq 0$), o que indica baixa estabilidade ou previsibilidade.

A linhagem SL 1685 apresentou elevada produtividade e coeficiente de regressão significativamente menor que 1 ($\beta_1 < 1$) e desvio da regressão não significativo, sendo, portanto, classificada como estável e adaptada às condições específicas de ambientes desfavoráveis. Já as linhagens SL 703, SL 3 e SL 505 apresentaram coeficientes de regressão

significativos, sendo as linhagens SL 713 e SL 3 específicas à ambientes desfavoráveis ($\hat{\beta}_1 < 1$) e SL 505 específica à ambientes favoráveis ($\hat{\beta}_1 > 1$). Entretanto, apresentaram baixa estabilidade, visto que os desvios da regressão foram significativos, ou seja, $\sigma_{di}^2 \neq 0$ (Tabela 6).

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).

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 30 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 65% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, a avaliação da posição dos genótipos pode ser feita por meio de gráficos bidimensionais (Carvalho et al., 2002).

Tabela 7 – Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método Centróide, dos genótipos de soja de ciclo médio, em Mato Grosso

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipo I	Ideótipo II	Ideótipo III	Ideótipo IV
Rond. I	3136	-161,33	3885	2605	3885	2605	3885	2605
Rond. II	3388	90,78	3987	2692	3987	3987	2692	2692
Rond. III	3103	-194,75	3981	2436	3981	2436	3981	2436
N. Brasilândia	3515	218,28	4174	2804	4174	4174	2804	2804
C. Verde	3128	-169,21	4130	1562	4130	1562	4130	1562
Vera	3513	216,22	4097	2871	4097	4097	2871	2871

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
2,257786	37,63	37,63
1,676502	27,94	65,57
0,748141	12,47	78,04
0,541964	9,03	87,07
0,477059	7,95	95,02
0,298547	4,98	100,0

A análise visual do gráfico 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. Os seguintes genótipos: 2 (SL 10), 12 (SL 703), 18 (SL 1842) e 21 (SL 2022) foram classificados 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.

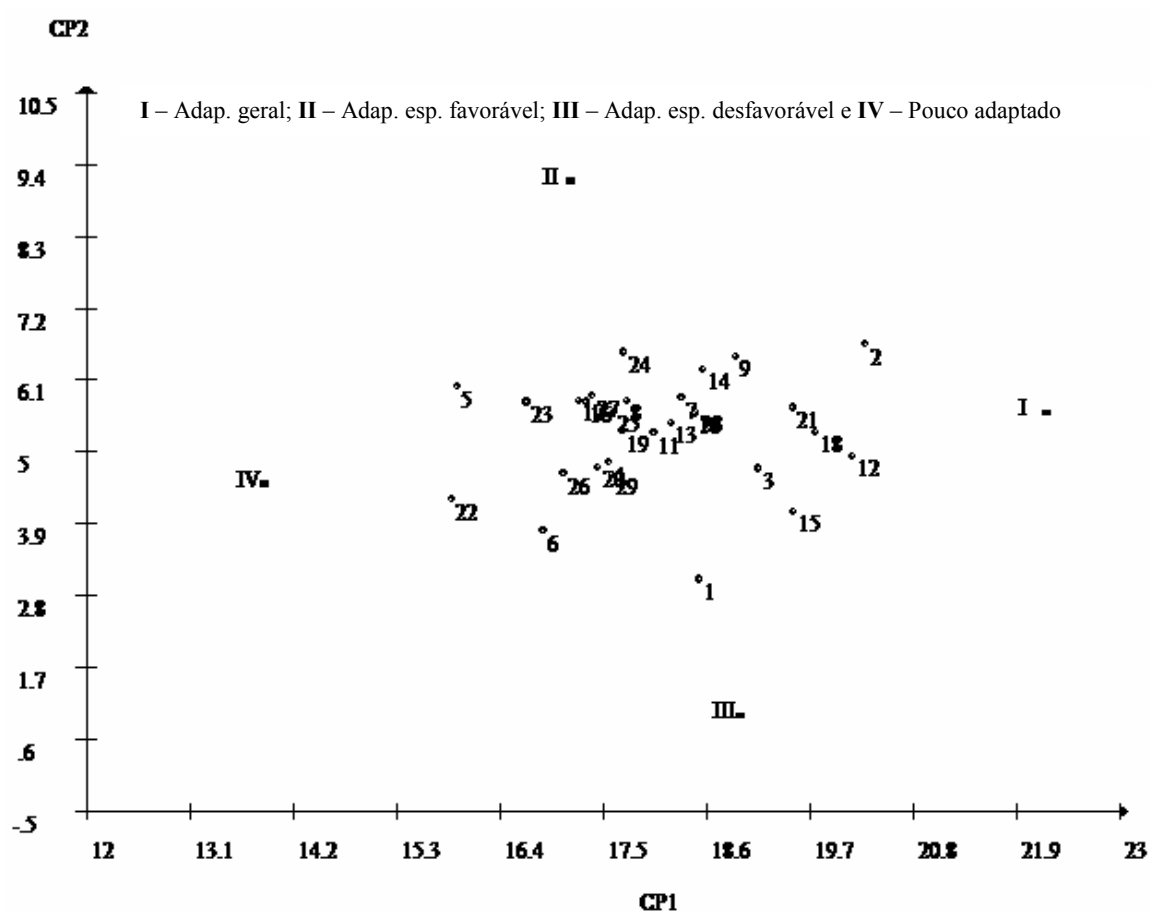


Gráfico 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 30 genótipos de soja avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. 1 - SL 3; 2 - SL 10; 3 - SL 207; 4 - SL 211; 5 - SL 212; 6 - SL 301; 7 - SL 306; 8 - SL 418; 9 - SL 505; 10 - SL 510; 11 - SL 512; 12 - SL 703; 13 - SL 1049; 14 - SL 1680; 15 - SL 1685; 16 - SL 1696; 17 - SL 1709; 18 - SL 1842; 19 - SL 1878; 20 - SL 1882; 21 - SL 2022; 22 - SL 2029; 23 - SL 2227; 24 - SL 2385; 25 - Emgopa 315; 26 - M-soy 8411; 27 - M-soy 8914; 28 - Uirapuru; 29 - Xingu.

Na Tabela 6 são apresentadas às classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação, sendo portanto, classificados os genótipos SL 10, SL 703, SL 1842, SL 2022, SL 1685, SL 207, SL 505, SL 510, SL 1680, SL 512 e a cultivar Uirapuru para amplas condições ambientais (grupo I), com destaque para as linhagens SL 10, SL 703 e SL 1842.

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 em ambas as metodologias, observa-se que as linhagens mais produtivas foram classificadas para amplas condições ambientais, exceto as linhagens SL 703, SL 1685 que foram classificadas pela metodologia de Eberhart e Russell para condições específicas de ambientes desfavoráveis e a linhagem SL 505 para ambientes favoráveis, discordando da classificação obtida pelo método centróide, que as classificou para amplas condições ambientais.

CONCLUSÕES

- As metodologias de Eberhart e Russell e Centróide foram coerentes entre si e permitiram identificar, entre os genótipos avaliados, os de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade;
- Com base nas metodologias de Eberhart e Russell e Centróide as linhagens de soja SL 10, SL 1842 e SL 2022 se destacaram, tendo em vista a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.541-548, 2000.
- 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. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.
- CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no

- Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV. Viçosa-MG, 1997. 390p.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, n.219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, v.4, p.407-414, 1997.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVITCH, L. P. Stability analysis: Where do we stand? **Crop Science**, Madison, v.26, p.894-900, 1986.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SILVA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p 49-58, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 1990, 468p.
- PRADO, E.E.P.; HIRIMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M. RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.
- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.
- SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.41, n.1, p.23-30, 2006.
- VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE LINHAGENS DE SOJA TESTADAS NO ESTADO DO MATO GROSSO

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo de avaliar o desempenho, a estabilidade e a adaptabilidade de 20 genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em seis ambientes no Estado do Mato Grosso. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06 nos municípios de Rondonópolis, Campo Verde e Vera. Para avaliação da adaptabilidade e estabilidade, utilizou-se os métodos de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centróide. O rendimento médio de grãos variou de 2372 kg ha⁻¹ (Rondonópolis IV) a 3539 kg ha⁻¹ (Vera), com média geral entre os ambientes de 2994 kg ha⁻¹. Em ambas as metodologias, as linhagens BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 e as cultivares Tabarana e SL 88102 foram classificadas como as mais produtivas, adaptadas e estáveis, havendo, portanto, coerência entre tais metodologias. Foram recomendadas as linhagens de soja BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20, para amplas condições ambientais, tendo em vista a produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*, produtividade, estabilidade, adaptabilidade.

STABILITY AND ADAPTABILITY OF SOY LINES TESTED AT THE STATE OF MATO GROSSO

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the performance, stability and adaptability of 20 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 three replicates. The tests were carried out at 2004/05 and 2005/06 agricultural years at the municipalities of Rondonópolis, Campo Verde and Vera. The stability and adaptability were evaluated

according to the methodologies developed by Lin and Binns (1988), and modified by Carneiro (1998) and Centroid method (Rocha et al., 2005). The mean grain yield varied from 2372 kg ha⁻¹ (Rondonópolis IV) to 3539 kg ha⁻¹ (Vera) with general mean among the environments of 2994 kg ha⁻¹. In both methodologies the lines BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 and the cultivars “Tabarana” and SL 88102 were classified by having the highest productivity, adaptability and stability, which indicates a consistency among such methodologies. The following soy lines were recommended for a wide range of environmental conditions: BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20

Key-words: *Glycine max*, productivity, stability, adaptability.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja é desenvolvida em todas as regiões brasileiras, sob diferentes condições edafoclimáticas. Assim, há grande variação no rendimento de grãos, não só em função dos sistemas de cultivo e níveis tecnológicos, mas também em consequência das condições edafoclimáticas, resultando na interação entre genótipo e ambiente. Essa interação ocorre devido a inconsistência do desempenho dos genótipos nos vários ambientes, devendo, portanto, ser estimada e considerada no programa de melhoramento genético e na indicação de cultivares (Prado et al., 2001).

A alternativa mais freqüentemente utilizada para amenizar a influência dessa interação é a recomendação de cultivares com estabilidade e ampla adaptabilidade (Cruz e Carneiro, 2003), que 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; e Farias, et al., 1997). Isso porque exige a condução de experimentos precisos e em uma grande amplitude de condições ambientais.

Entende-se por adaptabilidade a capacidade genotípica de resposta à melhoria do ambiente. A estabilidade de comportamento seria a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível em função das variações ambientais (Cruz e Carneiro, 2003).

Dentre as metodologias utilizadas para estudos de adaptabilidade e estabilidade, as não-paramétricas apresentam algumas vantagens em relação às paramétricas, entre as quais pode-se citar: a facilidade de uso e interpretação dos parâmetros, a não-necessidade de assumir qualquer hipótese sobre a distribuição dos valores fenotípicos e o fato da adição ou retirada de um ou poucos genótipos do grupo avaliado não causar grandes variações nas estimativas (Huehn 1990). Apesar da simplicidade e facilidade de interpretação dos parâmetros de algumas metodologias não-paramétricas, há ressalvas quanto a sua utilização,

pois as estatísticas estimadas não são satisfatórias para a análise de performance genotípica, conforme os interesses do melhoramento de plantas (Backes 2005). Carneiro (1998) propôs modificações em algumas metodologias não-paramétricas para adequar as estatísticas aos conceitos recentes de estabilidade e adaptabilidade. Assim, uma das modificações proposta à metodologia de Lin e Binns (1988) teve o objetivo de particularizar a recomendação de cultivares para ambientes favoráveis e desfavoráveis, já que originalmente a recomendação se refere a genótipos de adaptabilidade geral, enquanto a tendência é particularizar a recomendação para ambientes favoráveis e desfavoráveis. O parâmetro P_i a ser interpretado é denominado MAEC (Medida de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento), sendo a classificação dos ambientes feita com base nos índices ambientais. Fazendo uma analogia à proposta de Cruz *et al.* (1989), o genótipo ideal a ser recomendado deve apresentar baixa resposta a ambientes desfavoráveis e ser responsivo às condições favoráveis.

Metodologias baseadas em componentes principais, embora rotineiramente utilizadas em programas de melhoramento em estudos de diversidade genética, são pouco utilizadas em estudos da interação genótipos x ambiente (Rocha et al. 2005). Neste trabalho, a metodologia baseada nos componentes principais denominada de Centróide, foi utilizada para representar a variação da performance 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, 20 genótipos de soja, sendo 12 linhagens de ciclo semitardio/tardio e oito cultivares, em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso, através dos métodos de Lin & Binns (1988), modificado por Carneiro (1998) 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 semitardio/tardio do Programa de Melhoramento Genético do Campo Experimental Bacuri e Sales Agropecuária, conduzidos em Mato Grosso, nos anos agrícolas de 2004/05 e 2005/06, nas localidades de Campo Verde, Vera e Rondonópolis (Tabela 1). Em Rondonópolis foram conduzidos quatro ensaios, denominados Rondonópolis I, II, III e IV, que corresponderam a diferentes épocas de semeadura. Foram avaliados 20 genótipos, dos quais oito cultivares padrão (M-Soy 8914, Pintado, SL 88102, Tabarana, Tucano, UFV 18, Uirapuru e Xingu).

Tabela 1 – Altitude, latitude, longitude e data de semeadura de ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semitardio/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	15/11/2004
Rondonópolis II	227	16°28'15" S	54°38'08" W	07/12/2004
Rondonópolis III	227	16°28'15" S	54°38'08" W	26/11/2005
Rondonópolis IV	227	16°28'15" S	54°38'08" W	21/12/2005
Campo Verde	736	15°32'48" S	55°10'08" W	14/12/2004
Vera	383	12°18'21" S	55°19'01" W	20/11/2004

Os experimentos foram instalados no delineamento em blocos completos casualizados, com tres 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 m², sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), 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 (2,3798). Segundo Pimentel-Gomes (1990) as variâncias são consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica dos genótipos foi feita pelos métodos de Lin & Binns (1988) modificado por Carneiro (1998) e Centróide (Rocha et al. 2005).

A estatística de estabilidade e adaptabilidade P_i , adotada pelo método de Lin & Binns (1988), é obtida por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^a (Y_{ij} - M_j)^2}{2a}, \text{ em que } M_j \text{ é a produtividade máxima entre todos os genótipos, no } j\text{-ésimo ambiente. O genótipo estável é aquele que apresentar o menor índice } P_i.$$

A estimativa da MAEC (medida de adaptabilidade e estabilidade de comportamento) fornece direcionamento da resposta aos diferentes tipos de ambientes. Assim, a recomendação geral é feita com base no P_i original de Lin & Binns (1988), e para ambientes favoráveis e desfavoráveis, conforme a decomposição proposta por Carneiro (1998), estimada por:

$$P_{if} = \frac{\sum_{j=1}^f (Y_{ij} - M_j)^2}{2f}, \text{ em que: } f = \text{número de ambientes favoráveis.}$$

Da mesma forma para ambientes desfavoráveis, cujos índices são negativos:

$$P_{id} = \frac{\sum_{j=1}^d (Y_{ij} - M_j)^2}{2d}, \text{ onde: } d = \text{número de ambientes desfavoráveis.}$$

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).

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

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:

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

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação experimental variaram de 8,94 a 14,59% (Tabela 2), indicando que houve controle das causas de variação de ordem sistemática dos ambientes experimentais, para a produtividade de grãos, que é um caráter quantitativo muito

influenciado pelo ambiente. Para Carvalho et al. (2003), valores de coeficientes de variação inferiores a 16% indicam boa precisão experimental.

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 semitardio/tardio, no Estado do Mato Grosso

Ambiente	$\bar{Y}_j$	QMR	CV (%)
Rondonópolis I *	2981,5	110389,4280	11,14
Rondonópolis II	2838,3	68883,9114	9,24
Rondonópolis III	3202,5	104631,8219	10,10
Rondonópolis IV	2372,1	119805,3236	14,59
Campo Verde	3017,6	163935,5114	13,41
Vera	3539,5	100287,1078	8,94

* Rondonópolis I, II, III e IV correspondem a semeaduras realizadas em 15/11/2004, 07/12/2004, 26/11/2005 e 21/12/2005, respectivamente.

Os efeitos da interação G x A apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3). O par de ambientes Rondonópolis III e Rondonópolis IV apresentaram interação predominantemente do tipo simples (Tabela 4). Todos os outros pares de ambientes apresentaram interação do tipo complexa, ou seja, houve inconsistência na superioridade do genótipo com a variação ambiental, o que 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 20 genótipos de soja (ciclo semitardio/tardio) avaliados em seis ambientes, no Estado do Mato Grosso

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Pr>F
Blocos/ambientes	12	1596917,3667	133076,4472	-	-
Ambientes (A)	5	45158450,4472	9031690,0894	67,868	<0,000
Genótipos (G)	19	15673378,7194	824914,6694	2,009	<0,014
Interação GxA	95	38991682,1638	410438,7596	3,687	<0,000
Resíduo	228	25381457,9667	111322,1841	-	-

O rendimento médio de grãos variou de 2372 kg ha^{-1} (Rondonópolis IV) a 3539 kg ha^{-1} (Vera), com média geral entre os ambientes de 2994 kg ha^{-1} (Tabela 5). A maior produtividade observada foi obtida pela linhagem BCR 03 151528 (4576 kg ha^{-1}), entretanto, a maior média em todos os ambientes foi obtida pela cultivar padrão Tabarana (3293 kg ha^{-1}). A menor produtividade isolada foi obtida pela linhagem BCR 03 145581 (1451 kg ha^{-1}), coincidindo com a menor produtividade média em todos os ambientes (2338 kg ha^{-1}).

Tabela 4 – Pares de ambientes, correlação entre ambientes e porcentagem da parte complexa resultante da decomposição da interação entre genótipos e pares ambientais, segundo metodologia de CRUZ e CASTOLDI (1991), nos ensaios de competição de linhagens de soja, de ciclo semitardio/tardio, no Estado do Mato Grosso

Pares de ambientes	Correlação	Parte complexa da interação
Rondonópolis I e Rondonópolis II	-0,063	93,22
Rondonópolis I e Rondonópolis III	0,374	70,62
Rondonópolis I e Rondonópolis IV	0,313	82,78
Rondonópolis I e Campo Verde	-0,276	111,31 ^{1/}
Rondonópolis I e Vera	-0,162	107,57
Rondonópolis II e Rondonópolis III	0,347	50,62
Rondonópolis II e Rondonópolis IV	0,282	74,59
Rondonópolis II e Campo Verde	0,025	95,01
Rondonópolis II e Vera	-0,122	98,68
Rondonópolis III e Rondonópolis IV	0,685**	43,75
Rondonópolis III e Campo Verde	0,252	70,23
Rondonópolis III e Vera	-0,132	97,40
Rondonópolis IV e Campo Verde	0,266	84,10
Rondonópolis IV e Vera	-0,063	103,04
Campo Verde e Vera	0,070	95,60

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

^{1/} Valores maiores que 100% estão associados a correlações negativas.

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

Genótipos	Ambientes						Média
	Ron. I	Ron. II	Ron. III	Ron. IV	C. Verde	Vera	
BCR 02 20	3173	3015	3862	2648	3080	3616	3244
BCR 02 22	3181	2617	3364	2577	2922	2929	2882
BCR 02 25	3335	3305	3927	2750	2861	3225	3214
BCR 02 30	2877	2774	3508	2236	3687	3505	3142
BCR 02 43	2877	2635	2343	1524	2673	3334	2502
BCR 02 57	3826	2727	3672	2687	3189	3526	3160
BCR 03 145581	3231	2697	1804	1451	2441	3297	2338
BCR 03 146590	1866	2988	2367	1826	3293	3925	2880
BCR 03 146591	3185	2529	2783	2262	2737	4576	2977
BCR 03 151528	2841	2739	2523	2761	3327	3107	2891
BCR 03 153537	2341	2933	3152	2216	3292	3586	3036
BCR 03 161548	3263	2645	3156	2376	3173	3812	3032
M-SOY 8914	2673	2754	2937	2664	3015	3576	2989
PINTADO	2791	2515	3364	2610	2946	3452	2977
SL 88102	3068	2780	3604	2663	3112	3931	3218
TABARANA	2962	3324	3688	2616	3372	3463	3293
TUCANO	3010	3282	3089	2651	2468	3806	3059
UFV 18	2879	2680	3755	2211	2734	3421	2960
UIRAPURU	3001	2768	3358	2310	3336	3700	3095
XINGU	3248	3059	3794	2404	2694	3003	2991
Média	2981	2838	3203	2372	3018	3539	2994

* DMS Tukey a 5% de probabilidade entre ambientes = 733,095 kg ha⁻¹ e entre genótipos = 889,816 kg ha⁻¹. C.V. (%) = 10,21.

A estimativa do parâmetro de estabilidade adotado pelo método de Lin e Binns (1988) encontram-se na Tabela 6, O P_i mede o desvio da produtividade de um genótipo em relação ao máximo em cada ambiente. Carneiro (1998) propôs uma melhoria do método a fim de torná-lo capaz de determinar o comportamento dos genótipos em ambientes específicos: favoráveis e desfavoráveis. O genótipo ideal por esse método é aquele com média alta e menor valor de P_i .

As linhagens BCR 02 20, BCR 02 25, BCR 02 57 e a cultivar Tucano apresentaram altas produtividades e menores valores de P_i geral, favorável e desfavorável, sendo, portanto, indicadas por essa metodologia como de alta estabilidade.

A cultivar SL 88102 foi classificada para condições específicas de ambientes favoráveis por apresentar um dos menores P_i s específicos para essas condições (Tabela 6).

Considerando todos os ambientes e apenas os ambientes desfavoráveis, a linhagem BCR 02 25 apresentou o menor P_i , entretanto, em condições específicas de ambientes favoráveis, apresentou o 6º P_i . Portanto, foi classificada para condições de ambientes desfavoráveis.

Tabela 6 – Produtividade média (kg ha⁻¹), P_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 semitardio/tardio, em Mato Grosso

Genótipos	Média	Lin e Binns (1988)			Centróide ^{1/}				
		P _i Geral	P _i fav.	P _i desf.	Grupo	P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)
BCR 02 57	3271	1765,7	765,3	1000,4	I	0,393	0,200	0,240	0,167
TABARANA	3238	1664,2	754,9	909,3	I	0,353	0,242	0,222	0,184
BCR 02 25	3234	1639,3	779,8	859,5	I	0,343	0,216	0,254	0,187
BCR 02 20	3232	1693,1	710,6	982,5	I	0,376	0,235	0,214	0,175
SL 88102	3193	1781,5	722,1	1059,4	I	0,370	0,249	0,206	0,176
BCR 02 30	3098	1933,4	765,9	1167,5	I	0,304	0,293	0,203	0,200
UIRAPURÚ	3079	1951,3	804,3	1147,0	I	0,314	0,268	0,218	0,200
BCR 03 161548	3071	2002,0	853,3	1148,7	I	0,319	0,237	0,243	0,201
TUCANO	3051	1862,9	937,1	925,8	III	0,279	0,210	0,295	0,216
XINGÚ	3034	1893,5	867,4	1026,0	I	0,289	0,225	0,270	0,216
BCR 03 146591	3012	2087,9	862,4	1225,5	I	0,289	0,252	0,241	0,218
UFV 18	2947	2022,4	803,6	1218,7	I	0,275	0,274	0,226	0,226
PINTADO	2946	2060,8	880,8	1180,0	I	0,269	0,254	0,244	0,233
M-SOY 8914	2937	2068,9	964,9	1104,0	III	0,251	0,237	0,264	0,248
BCR 02 22	2932	2093,3	971,2	1122,1	III	0,260	0,216	0,292	0,233
BCR 03 153537	2920	2060,0	881,5	1178,5	II	0,238	0,302	0,210	0,250
BCR 03 151528	2883	2188,4	1123,0	1065,4	III	0,221	0,198	0,321	0,260
BCR 03 146590	2711	2324,6	1029,2	1295,4	IV	0,185	0,282	0,198	0,335
BCR 02 43	2564	2586,2	1192,4	1393,8	IV	0,168	0,192	0,257	0,382
BCR 03 145581	2487	2725,4	1360,8	1364,7	IV	0,160	0,164	0,316	0,358
Média geral	2992								

⁺ e ⁺⁺ = significativamente diferente de 1 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t; ^{*} e ^{**} = significativamente diferente de 0 a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} = não-significativo (P>0,05); ^{1/} Em que: Ideótipo I = Adaptabilidade geral (++) , Ideótipo II = Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+), Ideótipo III = Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+), Ideótipo IV = Pouco adaptado (--).

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).

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 20 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 68% da variação total (Tabela 8). Uma vez constatada a suficiência de dois autovalores na representação da variação total, a avaliação da posição dos genótipos pode ser feita por meio de gráficos bidimensionais (Carvalho et al., 2002).

Tabela 7 – Classificação dos ambientes utilizando o índice ambiental e estabelecimento dos ideótipos, calculados pelo método CENTRÓIDE, dos genótipos de soja de ciclo semitardio/tardio, em Mato Grosso

Ambientes	Média	Ij	Máximo	Mínimo	Ideótipo I	Ideótipo II	Ideótipo III	Ideótipo IV
Ron. I	2981,5	-10,44	3826	1866	3826	1866	3826	1866
Ron. II	2838,3	-153,60	3324	2515	3324	2515	3324	2515
Ron. III	3202,5	210,61	3927	1804	3927	3927	1804	1804
Ron. IV	2372,1	-619,77	2761	1451	2761	1451	2761	1451
C. Verde	3017,6	25,65	3687	2441	3687	3687	2441	2441
Vera	3539,5	547,55	4576	2929	4576	4576	2929	2929

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
2,297508	38,2918	38,2918
1,831353	30,52255	68,81435
0,642342	10,70569	79,52004
0,609095	10,15159	89,67163
0,356389	5,939813	95,61144
0,263313	4,388557	100,0

A análise visual do gráfico 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. Os seguintes genótipos: 16 (Tabarana), 1 (BCR 02 20), 6 (BCR 02 57) e 15 (SL 88102) foram classificados 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.

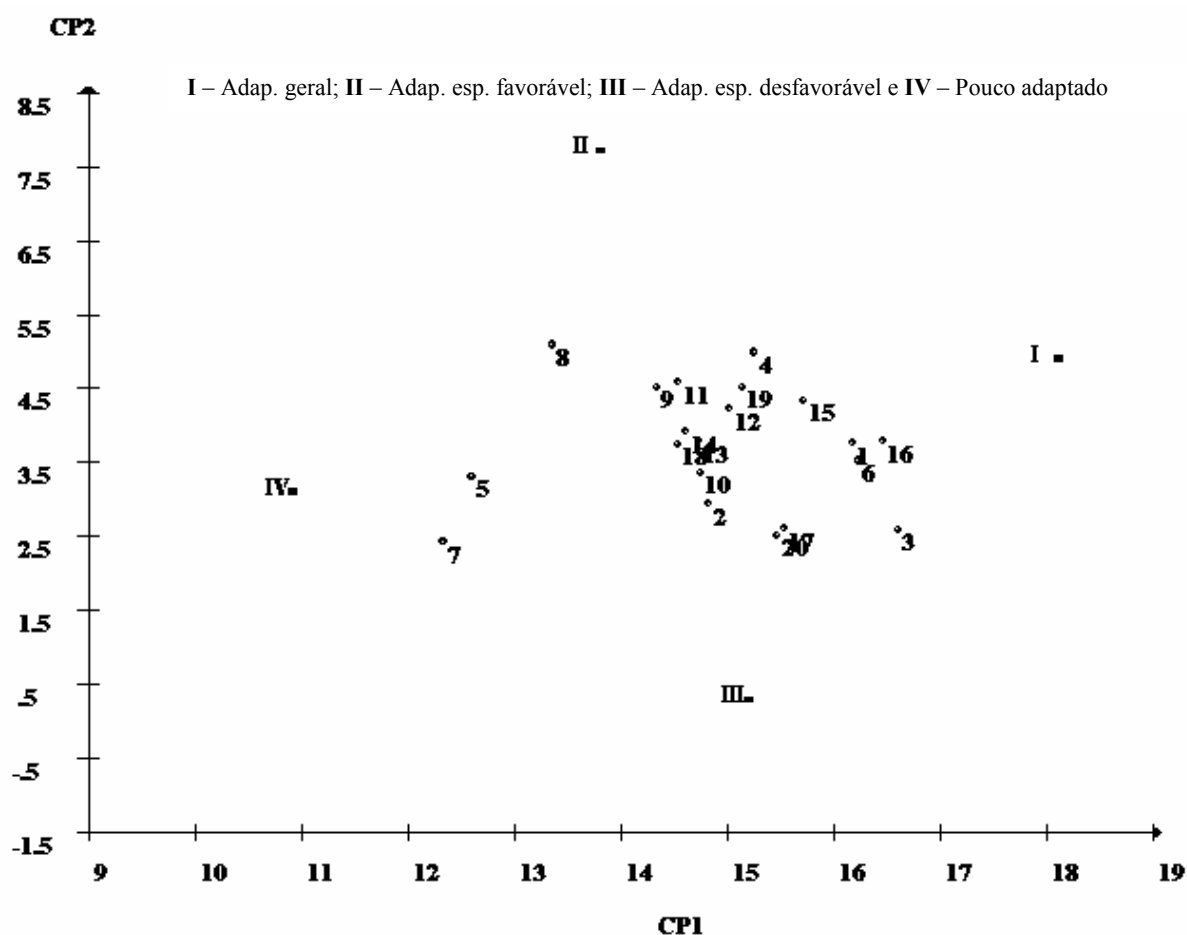


Gráfico 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 17 genótipos de soja de ciclo semitardio/tardio avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: 1 - BCR 02 20; 2 - BCR 02 22; 3 - BCR 02 25; 4 - BCR 02 30; 5 - BCR 02 43; 6 - BCR 02 57; 7 - BCR 03 145581; 8 - BCR 03 146590; 9 - BCR 03 146591; 10 - BCR 03 151528; 11 - BCR 03 153537; 12 - BCR 03 161548; 13 - M-SOY 8914; 14 - PINTADO; 15 - SL 88102; 16 - TABARANA; 17 - TUCANO; 18 - UFV 18; 19 - UIRAPURU; 20 - XINGU.

Na Tabela 6 são apresentadas as classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada a sua classificação. Pelo método centróide os genótipos BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20, BCR 02 30, BCR 03 161548, BCR 03 146591, Tabarana, SL 88102,

Xingu, UFV 18 e Pintado foram classificados como sendo adaptados para amplas condições ambientais, com destaque para as linhagens BCR 02 57, BCR 02 25, BCR 02 20 e as cultivares Tabarana e SL 88102.

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 de Lin e Binns, observa-se que as linhagens BCR 02 57, BCR 02 25 e BCR 02 20 e as cultivares Tabarana e SL 88102 foram classificadas como sendo de adaptabilidade geral, em ambas as metodologias. Para condições específicas de ambientes favoráveis e desfavoráveis, não houve concordância entre as classificações obtidas por ambas as metodologias.

CONCLUSÕES

- As metodologias de Lin e Binns e Centróide foram coerentes entre si e permitiram identificar, entre os genótipos avaliados, os de maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade;
- Com base em ambas as metodologias as linhagens de soja BCR 02 57, BCR 02 25 e BCR 02 20 são as mais indicadas para amplas condições ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.541-548, 2000.

BRAKES, R.L.; ELIAS, H.T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p.309-314, 2005.

CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. Viçosa, 1998. Tese (Doutorado) 168f. Universidade Federal de Viçosa.

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. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.

- CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, n.219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, v.4, p.407-414, 1997.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- HUEHN, M. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. **Euphytica**, Dordrech, v.47, p.189-194, 1990.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SILVA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p 49-58, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 1990, 468p.
- PRADO, E.E.P.; HIRIMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M. RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.
- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.
- SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.41, n.1, p.23-30, 2006.
- VENCOSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA POR MEIO DE MÉTODOS UNI E MULTIVARIADO

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.

STABILITY AND ADAPTABILITY OF SOY GENOTYPES THROUGH UNI AND MULTI-VARIATE METHODS

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 a 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 e 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

& Peterson, (1959); Finlay & Wilkinson, (1963); Wricke (1965); Eberhart & Russell (1966); Perkins & Jinks (1968); Freeman & Perkins (1971); Taí (1971); Verma et al., (1978); Silva & Barreto (1986); Lin & 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 da performance 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 m², sendo colhidas as duas fileiras centrais, desprezando 0,5 m de bordadura nas extremidades.

Foram realizadas análises de variância individuais (Tabela 2), 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 porcentual dos genótipos i; $\hat{\sigma}_{Z_{i(g)}}$ 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).

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

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%.

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 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.

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 (--).

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).

Após a classificação dos ambientes, os ideótipos estimados com base nos dados originais foram acrescentados 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 genótipos pode ser feita por meio de gráficos bidimensionais (Gráfico 1).

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

A análise visual do gráfico 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.

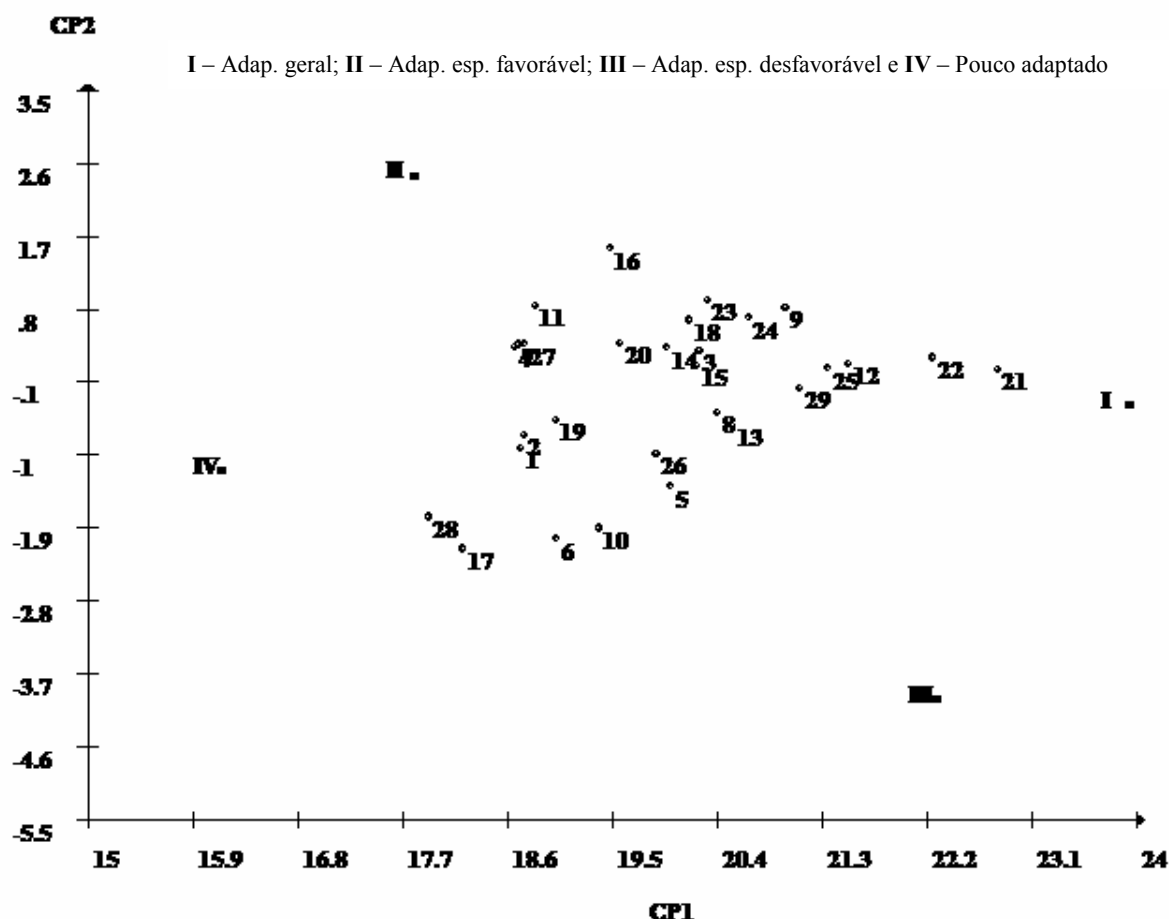


Gráfico 1 - Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois primeiros componentes principais obtidos da análise da produtividade de 29 genótipos de soja de ciclo tardio avaliados em seis ambientes. Os quatro pontos numerados com algarismos romanos representam os centróides. Genótipos: 1 - SL 1; 2 - 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 1683; 21 - SL 1831; 22 - SL 1923; 23 - SL 2145; 24 - SL 2253; 25 - SL 2280; 26 - EMGOPA 315; 27 - M-SOY 8914; 28 - TUCANO; 29 - UIRAPURU.

Na Tabela 6 são apresentadas as classificações dos genótipos a um dos quatro grupos e a probabilidade associada as 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.
- ATROCH, A.L.; SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de arroz de sequeiro testadas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.3, p.541-548, 2000.
- 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. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 187-193. 2003.
- CARVALHO, H.W.L.; SILVA, M.L.; CARDOSO, M.J.; SANTOS, M.X.; TABOSA, J.N.; CARVALHO, C.L.; LIRA, M.A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio de 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, MG: UFV, 2001, 542p.

- CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.38, n.219, p.422-430, 1991.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 567-580, 1989.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.
- FARIAS, F.J.C.; RAMALHO, M.A.P.R.; CARVALHO, L.P.; MOREIRA, J.A.N.; COSTA, J.N. Parâmetros de estabilidade propostos por Lin & Binns (1988) comparados com o método da regressão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, v.4, p.407-414, 1997.
- FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.14, n.5, p.742-754, 1963.
- FREEMAN, G. H.; PERKINS, J. M. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. **Heredity**, v. 27, p. 15-23, 1971.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivars x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, n.1, p.193-198, 1988.
- MAIA, M.C.C.; VELLO, N.A.; ROCHA, M.M.; PINHEIRO, J.B.; SILVA JUNIOR, N.F. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens experimentais de soja selecionadas para caracteres agrônômicos através de método uni-multivariado. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.2, p.215-226, 2006.
- NUNES, G.H.S.; REZENDE, G.D.S.P.M.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.S.; Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.
- PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, Oxford, v. 23, p. 339-356, 1968.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba – SP: Nobel. 1990, 468p.
- PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v.36, p.381-385, 1959.
- PRADO, E.E.P.; HIRIMOTO, D.M.; GODINHO, V.P.C.; UTUMI, M.M. RAMALHO, A.R. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, 2001.
- RAMALHO, M.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. Interação dos genótipos por ambientes. In: _____. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: Ed. da UFG, 1993. p.137-170.
- ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p.255-266, 2005.
- TAI, G. C. C. Genotype stability analysis and its application to potato regional trials. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 184-190, 1971.
- VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, p. 89-91, 1978.

SILVA, W.C.J.; DUARTE, J.B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. V.41, n.1, p.23-30, 2006.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotype x environment interaction. **Biometrics**, Washington, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

WRICKE, G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.