

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

PHENOTYPICAL ADAPTABILITY AND STABILITY OF SOYBEAN GENOTYPES IN THE STATE OF MATO GROSSO

Analy Castilho POLIZEL¹; Fernando Cezar JULIATTI²; Osvaldo Toshiyuki HAMAWAKI²; Raphael Lemes HAMAWAKI³; Salomão Lima GUIMARÃES⁴

1. Professora, Doutora, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas– ICAT, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Rondonópolis - MT, Brasil, analy@ufmt.br; 2. Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias– ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia - MG, Brasil; 3. Mestre em Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia - MG, Brasil; 4. Professor, Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas– ICAT, Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Rondonópolis - MT, Brasil

RESUMO: Objetivou-se por este trabalho avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no Estado do Mato Grosso. Foram testados 16 genótipos nas safras 2004/05 e 2005/06, nos municípios de Novo São Joaquim, Porto Alegre do Norte e Sinop, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados e três repetições. Os métodos de adaptabilidade e estabilidade avaliados foram: Plaisted e Peterson, Wricke, Annicchiarico, Lin e Binns, Eberhart e Russel, Cruz, Torres e Vencovsky e AMMI. Após as análises dos dados, conclui-se que as metodologias estudadas foram concordantes e complementares quanto aos resultados de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Os ambientes diferiram quanto à favorabilidade em função do ano agrícola. A linhagem UFU 23 apresentou alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica em todas as metodologias estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine Max. Melhoramento. Produtividade. Linhagens.

INTRODUÇÃO

O melhoramento genético da soja é um processo contínuo de desenvolvimento de novas cultivares. Os programas de melhoramento são assentados em objetivos gerais e específicos e visam à solução das limitações reais ou potenciais das cultivares frente aos fatores bióticos e abióticos que interferem na produção da soja. As hibridações são realizadas para criar variabilidade genética e as populações segregantes são conduzidas por métodos tradicionais de melhoramento de plantas autógamas, para permitir a seleção e a avaliação de genótipos com as características agrônomicas desejadas nas novas cultivares. A criação de novas cultivares têm sido uma das tecnologias que vêm contribuindo para os aumentos de produtividade e estabilidade de produção, sem custos adicionais ao agricultor. Uma cultivar de soja deve ter alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptabilidade aos mais variados ambientes existentes na região onde é recomendada (ALMEIDA et al., 2011).

A cultivar altamente produtiva representa uma combinação bem balanceada de genes. Uma vez atingido esse equilíbrio, ganhos adicionais de produtividade tornam-se mais difíceis de ser conseguidos. Por causa disso, muitas cultivares em uma determinada região de produção possuem muita similaridade genética (KIIHL, 1994). Uma mesma cultivar pode apresentar comportamento

diferenciado de acordo com o ano e local de cultivo. Essa diferença, quase sempre é influenciada por diferentes condições ambientais tratadas como interação genótipo x ambiente (GxE).

A expressão do potencial produtivo da cultura da soja é função dos componentes genético e ambiental e da interação entre ambos. Isso dificulta a seleção e a avaliação do potencial produtivo dos genótipos. Como consequência, é necessário realizar extensiva avaliação para a identificação de genótipos superiores em produtividade e estabilidade de produção, em certa amplitude de ambientes que representem os efeitos limitantes do clima, solo e das pragas e doenças.

As análises de adaptabilidade e estabilidade são procedimentos estatísticos que permitem, de algum modo, identificar genótipos de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais, sendo muito utilizados pelos melhoristas de plantas, antes de recomendar as cultivares (SILVA; DUARTE, 2006).

Segundo Rocha (2002), diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, sendo que a diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação G x E. Ainda, segundo o autor destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação G x E (PLAISTED; PETERSON, 1959; WRICKE;

WEBER, 1986; SHUKLA, 1972; MAGARI; KANG, 1997), regressão linear simples (FINLAY, WILKINSON, 1963; EBERHART; RUSSEL; 1966; PERKINS; JINKS, 1968) e múltipla (VERMA et al., 1978; SILVA; BARRETO, 1986; CRUZ et al, 1989; STORCK; VENCOVSKY, 1994) e não paramétricos, como a ordem de classificação genotípica (HUHN, 1996); métodos multivariados, como a ACP (CROSSA, 1990), análise a 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 de AMMI, sugerido por Gauch e Zobel (1996).

Assim, objetivou-se pelo presente trabalho avaliar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica em genótipos de soja de ciclo semiprecoce/médio, por diferentes metodologias, no Estado do Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados nas safras 2004/05 e 2005/06, em municípios do Estado do Mato Grosso (Tabela 1), sendo a escolha dos mesmos baseada na classificação das regiões produtoras, segundo Fundação Mato Grosso (2004).

Tabela 1. Descrição dos locais de cultivo.

Município	Região	Latitude	Longitude	Altitude
Novo São Joaquim	Sudeste	14° 54' 21" S.	53° 01' 06" O.	400 m
Porto Alegre do Norte	Vale do Araguaia	10° 52' 37" S.	51° 37' 37" O.	205 m
Sinop	Norte	11° 50' 53" S.	50° 38' 57" O.	384 m

Foram avaliadas as linhagens pertencentes ao ciclo semiprecoce/médio, provenientes do Programa de Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, estando na fase de avaliação regional final, comparando-as com as testemunhas Msoy 6101, Emgopa 316, Msoy 8400, MGBR-46 (Conquista).

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, testando-se 16 genótipos, em duas safras agrícolas (2004/05 e 2005/06), três locais de semeadura e três repetições. Cada parcela foi composta de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, totalizando 10 m².

Antes do plantio, procedeu-se a inoculação das sementes na proporção de 7×10^8 células ml⁻¹ de *Bradyrhizobium* por semente, utilizando-se 150 ml para cada 50 kg de semente. As estirpes presentes no inoculante eram: SEMIA 5079 e SEMIA 5080.

A adubação de plantio foi feita de acordo com a recomendação para a cultura, utilizando-se o formulado 2-28-18 e sulfato de zinco, nas doses de 400 Kg ha⁻¹ e 1,2 Kg, respectivamente.

O preparo do solo foi feito por meio de uma aração e duas gradagens, sendo que a última gradagem foi efetuada às vésperas do sulcamento e adubação de plantio. A profundidade de semeadura utilizada foi de 2cm, distribuindo uniformemente 15 sementes por metro linear.

Realizou-se, sempre que necessário, o controle de plantas daninhas por meio de capinas manuais até o fechamento da cultura. Foram efetuadas pulverizações com inseticidas e fungicidas

indicados para a cultura com objetivo de controlar as pragas e doenças incidentes durante a condução do experimento.

Quando as plantas estavam em estágio R₈, segundo escala de Fehr e Caviness (1977), procedeu-se a colheita manual, nas duas linhas centrais de cada parcela. Após a colheita, trilhagem das plantas e secagem dos grãos, até que os mesmos atingissem 13% de umidade, obteve-se o peso total sendo este transformado para produtividade em quilogramas por hectare.

Os resultados foram submetidos ao programa Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2002) para averiguar a existência de homogeneidade e normalidade das variâncias. Pelo programa Sisvar, da Universidade Federal de Lavras, procedeu-se a análise de variância individual e posteriormente a análise conjunta, utilizando o teste de F, segundo Gomes (1990) considerando fixo o efeito da cultivar e os demais aleatórios.

As análises de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram realizadas por sete métodos distintos: metodologia dos componentes da variância (PLAISTED; PETERSON, 1959); método da ecovalência (WRICKE, 1965); índice de confiança (ANNICCHIARICHO, 1992); método do desvio do máximo ideal (LIN; BINNS, 1988a; b); método da regressão linear simples (EBERHART; RUSSEL, 1966); modelo da regressão linear bissegmentada (CRUZ; TORRES; VENCOVSKY, 1989) e método multivariado AMMI (MANDEL, 1971), utilizando o software Estabilidade da

Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2007).

Com os valores observados da adaptabilidade e estabilidade fenotípica, classificou-se os genótipos em cada metodologia. Após, estes foram submetidos ao programa Sanest para cálculo das correlações simples de Pearson entre as metodologias de estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o método de Plaisted e Peterson (1959), o estimador do parâmetro que

descreve a estabilidade (θ_i) é a média aritmética dos componentes de variância da interação entre pares de genótipos x ambientes que envolve o genótipo para o qual se deseja inferir. Segundo os resultados obtidos, a linhagem UFU 23 demonstrou boa adaptabilidade e estabilidade fenotípica, considerando-se produtividade acima de 3500 kg ha⁻¹ como boa adaptabilidade, enquanto que os genótipos UFU 19 e Msoy 8400 foram adaptados com estabilidade intermediária. Quanto às estimativas de ecovalência (WRICKE, 1965), verificou-se que os genótipos UFU 25 e UFU 21 apresentaram-se mais estáveis e com adaptabilidade mediana (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de estabilidade de genótipos de soja em duas safras e três locais de cultivo quanto à produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em diferentes metodologias.

Genótipos	Médias Kg ha ⁻¹	Plaisted e Peterson		Wricke (1965)		Annicchiarico (1992)	
		Θ (i)	Θ (i%)	Wi	Wi%	I (i)	Desvio Padrão %
UFU 13	3493,33	180657,60	11,35	5344333,47	10,91	7,70	18,84
UFU 16	3015,91	59979,83	3,77	1950271,43	3,98	73,70	10,82
UFU 17	3116,78	77342,93	4,86	2438608,55	4,98	75,68	11,16
UFU 18	3480,80	138043,83	8,68	4145821,34	8,47	80,49	14,99
UFU 19	3627,44	128899,78	8,10	3888644,77	7,94	85,95	14,45
UFU 20	3308,84	89417,87	5,62	2778216,24	5,67	79,70	12,83
UFU 21	3362,02	36969,12	2,32	1303094,96	2,66	86,69	8,99
UFU 22	3351,34	109686,48	6,89	3348270,85	6,84	78,64	13,90
UFU 23	3739,84	43825,33	2,75	1495925,93	3,05	97,79	8,93
UFU 24	3313,93	93748,02	5,89	2900001,57	5,92	77,33	13,60
UFU 25	3027,63	16103,12	1,01	716238,91	1,46	80,63	6,43
UFU 27	3487,74	59573,88	3,74	1938853,94	3,96	87,14	10,74
MGBR-46 (Conquista)	3438,09	48062,04	3,02	1615083,35	3,30	87,17	10,27
Emgopa 316	3078,54	48037,21	3,02	1614385,20	3,30	73,20	11,38
Msoy 6101	2697,56	367407,62	23,09	10596678,02	21,64	36,92	26,00
Msoy 8400	3540,12	93504,62	5,88	2893155,96	5,91	86,39	12,68

Segundo Machado et al. (2003), com o método de Annicchiarico (1992) pode-se estimar o risco (em probabilidade) em adotar determinada cultivar, portanto, este deve apresentar, no mínimo, índice de confiança igual a 100, o que corresponde a uma resposta igual à média. Por meio dos dados observados no presente experimento, verificou-se que nenhum genótipo apresentou resposta igual à média, ou seja, índice de 100, sendo que a linhagem UFU 23 foi a que mais se aproximou (97,79) (Tabela 2).

Para Lin e Binns (1988a, b), o genótipo ideal é aquele que apresenta a menor distância do quadrado médio (QM) da média geral, ou seja, menor valor de P_i . O genótipo UFU 23 demonstrou-

se promissor, pois apresentou maior estabilidade, com menor valor de P_i , produtividade média alta (3739,84 kg ha⁻¹) e baixa contribuição para interação (1,11%). No outro extremo tem-se a cultivar Msoy 6101, com baixa estabilidade, produtividade média de 2697,56 kg ha⁻¹ e alta contribuição para interação (17,19%) (Tabela 3).

Segundo o método proposto por Eberhart e Russell (1966) um genótipo ideal aquele que possui média alta, coeficiente de regressão igual a 1,0 e desvio de regressão menor possível. De acordo com a Tabela 4, os coeficientes de regressão não foram significativos em todos os genótipos estudados, caracterizando que o desempenho dos mesmos é diretamente proporcional à melhoria do ambiente.

Tabela 3. Análise de estabilidade de genótipos de soja em duas safras e três locais de cultivo quanto à produtividade de grãos (kg ha^{-1}), segundo o método de Lin e Binns (1988).

Genótipos	Médias (Kg ha^{-1})	Pi	Efeito genético	Desvio da interação	% contribuição para interação
UFU 13	3493,33	816035,93	604377,21	211658,72	4,22
UFU 16	3015,91	2249045,32	1855399,85	393645,47	7,86
UFU 17	3116,78	1771355,44	1534111,76	237243,68	4,73
UFU 18	3480,80	1125308,24	628466,81	496841,43	9,92
UFU 19	3627,44	803608,26	375970,63	427637,63	8,53
UFU 20	3308,84	1454955,15	1006747,65	448207,50	8,95
UFU 21	3362,02	1002546,88	880287,21	122259,68	2,44
UFU 22	3351,34	1227026,40	904987,54	322038,86	6,43
UFU 23	3739,84	281796,03	226097,39	55698,64	1,11
UFU 24	3313,93	1366857,29	994260,33	372596,96	7,44
UFU 25	3027,63	1919723,57	1816501,81	103221,76	2,06
UFU 27	3487,74	796747,22	615062,58	181684,64	3,63
MGBR-46 (Conquista)	3438,09	1012728,09	714136,20	298591,89	5,96
Emgopa 316	3078,54	1756395,49	1652322,31	104073,18	2,08
Msoy 6101	2697,56	3931128,02	3069616,97	861511,04	17,19
Msoy 8400	3540,12	892286,62	518551,32	373735,30	7,46

P(i) menor que 801830,55 não difere significativamente do máximo ($P < 0,05$).

Tabela 4. Estimativa dos coeficientes de β_0 , β_{ii} e $\sigma^2(d_i)$ utilizando o método de Eberhart e Russel (1966) para produtividade (kg ha^{-1}) de grãos, em três locais de cultivo e duas safras.

Genótipos	Produtividade (kg ha^{-1})			
	β_0	β_{ii}	$\sigma^2(d_i)$	R^2
UFU 13	3493,33	1,67 ^{ns}	259856,16*	52,41
UFU 16	3015,91	0,29 ^{ns}	-30204,06 ^{ns}	12,63
UFU 17	3116,78	0,81 ^{ns}	79923,00 ^{ns}	33,27
UFU 18	3480,80	0,84 ^{ns}	223681,06*	23,67
UFU 19	3627,44	0,72 ^{ns}	194320,76*	19,86
UFU 20	3308,84	-0,16 ^{ns}	-87379,45 ^{ns}	11,16
UFU 21	3362,02	0,83 ^{ns}	-13659,65 ^{ns}	49,80
UFU 22	3351,34	0,52 ^{ns}	126184,86 ^{ns}	14,02
UFU 23	3739,84	1,40 ^{ns}	-17413,21 ^{ns}	74,35
UFU 24	3313,93	1,27 ^{ns}	112949,16 ^{ns}	50,79
UFU 25	3027,63	0,96 ^{ns}	-58736,29 ^{ns}	69,75
UFU 27	3487,74	1,41 ^{ns}	17848,58 ^{ns}	68,64
MGBR-46 (Conquista)	3438,09	0,58 ^{ns}	-9376,09 ^{ns}	31,80
Emgopa 316	3078,54	1,84 ^{ns}	-88066,81 ^{ns}	94,35
Msoy 6101	2697,56	2,59 ^{ns}	390740,88**	66,16
Msoy 8400	3540,12	0,42 ^{ns}	72310,41 ^{ns}	11,96
$\sigma^2(\beta_0)$	140,34			
$\sigma^2(\beta_1)$	0,46			

*: ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente; ^{ns} Não significativo.

Os genótipos UFU 23 e Msoy 8400 apresentaram produtividade média alta (acima de 3500 kg ha^{-1}), adaptabilidade geral ($\beta_1=1$) e previsibilidade de comportamento ($\sigma^2=0$) (Tabela

4). Também, notou-se que apenas a cultivar Emgopa 316 obteve um R^2 superior a 80%, explicando satisfatoriamente o comportamento deste genótipo

em função do ambiente, conforme Cruz e Regazzi (1994).

Yue et al. (1997) compararam as metodologias de Eberhart e Russel (1966), Tai (1971), Shukla (1972) e Wricke (1965), e concluíram que os genótipos com alta produtividade podem apresentar alta estabilidade.

O modelo de Cruz et al. (1989) utiliza um modelo linear bissegmentado em uma única equação. O genótipo ideal é aquele com média elevada, alta estabilidade, pouco sensível às

condições adversas dos ambientes desfavoráveis e capaz de responder satisfatoriamente a melhoria das condições ambientais. Para Prado et al. (2001) são desejáveis genótipos que possuem baixos valores de β_{ii} , associados a elevados valores de β_0 e $(\beta_{1i} + \beta_{2i})$. A análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica indicou índices ambientais favoráveis em Novo São Joaquim e Sinop na safra 2004/05 e Porto Alegre do Norte, na safra 2005/06, para produtividade acima de 3318 kg ha⁻¹, aproximadamente (Tabela 5).

Tabela 5. Índices ambientais (I_j) e $T(I_j)$ obtidos utilizando o método de Cruz et al. (1989).

Local	Safra	Média	Índice (I_j)	Índice $T(I_j)$	Tipo
Novo São Joaquim	2004/05	3454,12	136,62	-150,55	Favorável
Novo São Joaquim	2005/06	3141,24	-176,26	0,00	Desfavorável
Porto Alegre do Norte	2004/05	3129,17	-188,33	0,00	Desfavorável
Porto Alegre do Norte	2005/06	3664,39	346,89	59,72	Favorável
Sinop	2004/05	3695,50	378,01	90,83	Favorável
Sinop	2005/06	2820,55	-496,94	0,00	Desfavorável

Pelo método de Cruz et al. (1989), segundo Vicente et al. (2004), os valores de β_{1i} das linhagens UFU 20, Emgopa 316 e Msoy 6101 foram significativamente diferentes do que 1,0 (Tabela 6). Esse resultado supõe que as mesmas não mantiveram o rendimento em condições adversas. Além disso, como os estimadores do parâmetro $(\beta_{1i} + \beta_{2i})$ desses genótipos não diferiram

significativamente de 1,0, esses materiais foram pouco responsivos sob ambientes favoráveis. Também, verificou-se que diversos materiais (UFU 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27 e Msoy 8400) apresentaram adaptação ampla. No entanto, apenas os genótipos UFU 19, 23 e Msoy 8400 apresentaram produtividade média alta (acima de 3500 kg ha⁻¹).

Tabela 6. Estimativa dos coeficientes de β_0 , β_{1i} e β_{2i} de genótipos de soja utilizando o método de Cruz et al. (1989) para produtividade de grãos (kg ha⁻¹), em três locais de cultivo e duas safras.

Genótipos	β_0	β_{1i}	β_{2i}	$\beta_{1i} + \beta_{2i}$	R^2 (%)
UFU 13	3493,33	1,48	3,34	4,82*	63,85
UFU 16	3015,91	0,32	-0,51	-0,19	14,73
UFU 17	3116,78	0,82	-0,04	0,77	33,28
UFU 18	3480,80	0,82	0,37	1,19	23,91
UFU 19	3627,44	0,63	1,61	2,24	25,25
UFU 20	3308,84	-0,10*	-1,04	-1,14	36,48
UFU 21	3362,02	0,92	-1,51	-0,59	58,72
UFU 22	3351,34	0,36	2,69	3,05	34,73
UFU 23	3739,84	1,35	0,81	2,16	75,70
UFU 24	3313,93	1,16	1,78	2,94	56,27
UFU 25	3027,63	1,05	-1,58	-0,53	80,03
UFU 27	3487,74	1,57	-2,66	-1,09	81,87
MGBR-46 (Conquista)	3438,09	0,50	1,38	1,88	41,43
Emgopa 316	3078,54	1,91*	-1,32	0,60	96,99
Msoy 6101	2697,56	2,61**	-0,39	2,22	66,24
Msoy 8400	3540,12	0,59	-2,93	-2,34	44,15

* ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F.

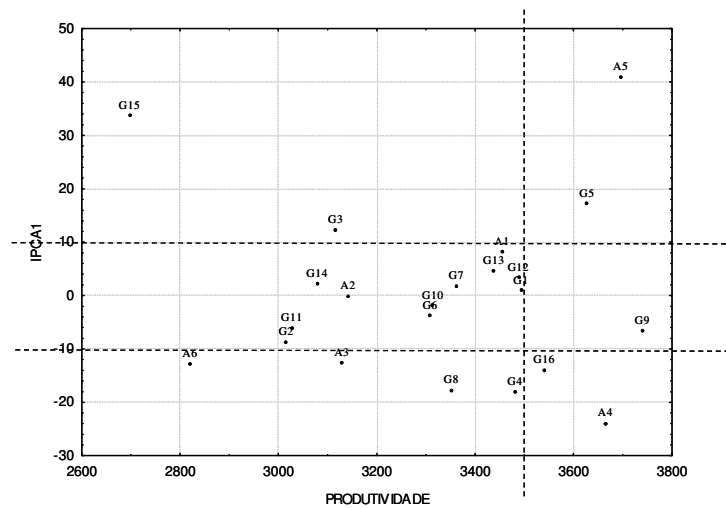
De acordo com Duarte e Vencovsky (1999) e Maia et al. (2006) as relações adaptativas podem ser facilmente percebidas num biplot AMMI

observando-se os sinais dos escores para cada par de genótipos e ambientes. Assim, genótipos e ambientes com escores de mesmo sinal (+, + ou -, -)

devem interagir positivamente evidenciando um sinergismo adaptativo a ser aproveitado na seleção. Já aqueles com sinais opostos devem interagir negativamente, sugerindo um antagonismo, ou seja, uma combinação desfavorável de genótipo e ambiente.

Utilizando método multivariado AMMI (MANDEL, 1971), verificou-se efeito significativo dos fatores (genótipo e ambiente) isolados e a interação entre ambos. De acordo com o teste de F_T , adotou-se o modelo AMMI 3. Morais (2005) também obteve significância dos três primeiros eixos ($p < 0,001$), levando à seleção do modelo AMMI 3. De acordo com o *biplot* do primeiro eixo

da análise de componentes principais da interação (IPCA1), levando-se em consideração os escores baixos (próximos de zero), característicos de genótipos e ambientes que contribuem pouco para interação, caracterizando-se como estáveis, verificou-se que os genótipos UFU 17 (G3), UFU 19 (G5), UFU 22 (G8), UFU 18 (G4), Msoy 8400 (G16) apresentaram-se instáveis, tomando-se como linha de corte os valores de IPCA1 de -10 e +10, contribuindo para a interação genótipo x ambiente (Figura 1). O genótipo UFU 23 (G9) apresentou-se estável com alta produtividade (acima de 3500 kg ha⁻¹).

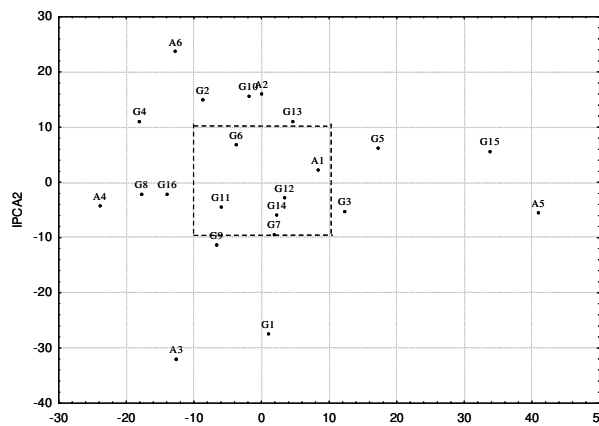


G3= UFU 17, G5= UFU 19, G8= UFU 22, G4= UFU 18, G16= Msoy 8400, G9= UFU 23

Figura 1. Biplot AMMI1 com médias de produtividade de grãos e IPCA1.

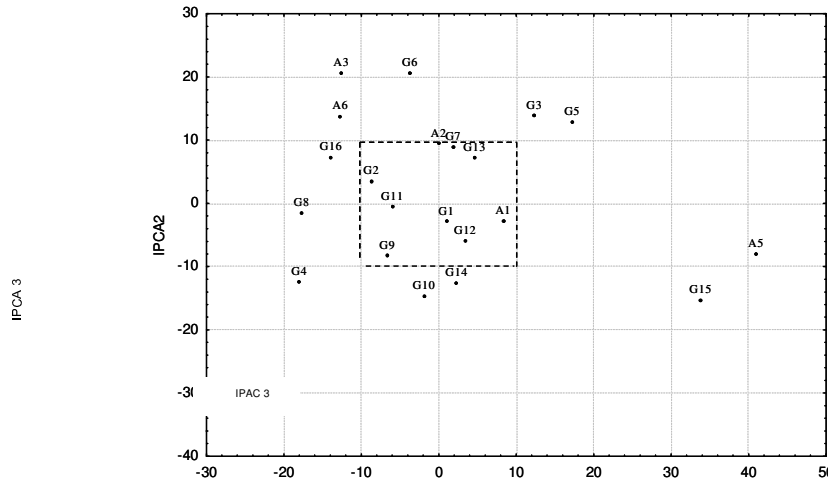
Em relação à Figura 2 (IPCA1 x IPCA2), à Figura 3 (IPCA1 x IPCA3) e à Figura 4 (IPCA2 x IPCA3), os materiais que mais se destacaram foram UFU 25 (G11), UFU 27 (G12) e UFU 21 (G7). O

ambiente A1 (Campo Novo dos Parecis, safra 2004/05) também demonstrou-se propício ao desenvolvimento dos genótipos.



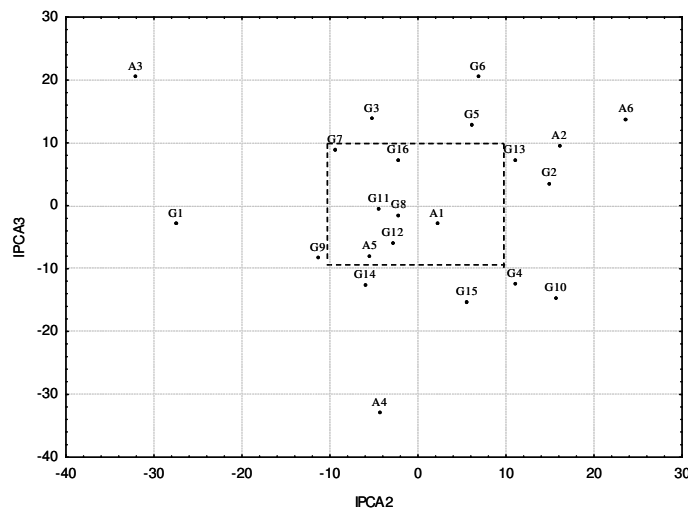
G6= UFU 20; G11= UFU 25; G12= UFU 27; G14= Emgopa 316; G7= UFU 21; A1= Campo Novo dos Parecis, safra 2004/05.

Figura 2. Biplot AMMI1 com IPCA1 e IPCA2.



G1= UFU 13; G2= UFU 16; G9= UFU 23; G11= UFU 25; G12= UFU 27; G13= Conquista; G7= UFU 21; A1= Campo Novo dos Parecis, safra 2004/05.

Figura 3. Biplot AMMI1 com IPCA1 e IPCA3.



G7= UFU 21; G8= UFU 22; G11= UFU 25; G12= UFU 27; G16= Ms soy 8400; A1= Campo Novo dos Parecis, safra 2004/05.

Figura 4. Biplot AMMI1 com IPCA2 e IPCA3.

Os resultados observados no presente trabalho assim como Miranda (2005) demonstraram que a análise AMMI permitiu explorar os efeitos positivos da interação G x A, onde genótipos de alta interação podem ter sua adaptação específica visualizada no gráfico. Num *biplot* pode-se explorar adaptações específicas que possam permitir ao melhorista um melhor aproveitamento de seus materiais de estudo tanto na seleção como na recomendação de cultivares. A detecção de genótipos estáveis também é um fator de extrema importância na prática de um melhorista, onde a análise AMMI pode vir como uma precisa ferramenta estatística auxiliadora nos programas de melhoramento e interpretações de resultados dos ensaios.

Pode-se verificar forte correlação entre os métodos de Wricke (1965) e Plaisted e Peterson

(1959), portanto torna-se desnecessário o seu uso concomitante (Tabela 7). Silva e Duarte (2006) também observaram associação mais forte entre estas metodologias por as mesmas possuírem princípio estatístico semelhante, isto é, são baseados na contribuição genotípica para a interação G x A.

De acordo com os dados de correlações (Tabela 7), também foi observada associação entre as metodologias de Annichiarico e Lin e Binns. Silva e Duarte (2006) obtiveram uma correlação de 0,96, contra indicando o uso concomitante das metodologias. Para Machado (2001) as metodologias de Annichiarico e Lin e Binns fornecem resultados concordantes. No presente trabalho, as metodologias foram concordantes e complementares.

Tabela 7. Correlações simples de Pearson entre os parâmetros das metodologias estudadas de adaptabilidade e estabilidade fenotípica.

	Wi	θ_i	Pi	I	β_{1i}	$\sigma^2(d_i)$	R ²	β_1	$\beta_{1i}+\beta_{2i}$	R ²	Ai
Wi	1,00	1,00*	0,05	0,51*	0,22	0,72**	0,34	0,25	0,36	0,38	0,30
θ_i		1,00	0,05	0,51*	0,22	0,72**	0,34	0,25	0,36	0,38	0,30
Pi			1,00	0,63**	0,13	0,11	0,06	0,51*	-0,25	0,14	0,21
I				1,00	0,14	0,47	-0,04	0,50*	0,42	0,04	0,17
β_{1i}					1,00	0,01	0,10	0,14	-0,38	0,31	0,34
$\sigma^2(d_i)$						1,00	-0,15	0,49*	0,50*	-0,03	0,18
R ²							1,00	-0,28	-0,14	0,83**	0,09
β_1								1,00	-0,11	-0,36	0,51*
$\beta_{1i}+\beta_{2i}$									1,00	-0,14	-0,31
R^2_{2i}										1,00	0,12
Ai											1,00

* ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste de F; Metodologias: Wricke (Wi); Plaisted e Peterson (θ_i); Annicchiarico (I); Lin e Binns (Pi); Eberhart e Russel (β_{1i} ; $\sigma^2(d_i)$; R²); Cruz et al. (β_1 , $\beta_{1i}+\beta_{2i}$, R²) e AMMI (Ai)

A metodologia de Eberhart e Russel foi efetuada, segundo Silva e Duarte (2006), combinando dois tipos de estabilidade: estabilidade biológica, pela ordem dos coeficientes de regressão, e estabilidade agrônômica, pela ordem das estimativas $\sigma^2(d_i)$. Tal fato pode explicar a associação geral do método com os demais.

Pelúzio et al. (2008) avaliando a adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins, concluíram que as metodologias de Eberhart e Russell (1966) e Centróide complementam-se e aumentam a confiabilidade na classificação e recomendação de cultivares de soja.

CONCLUSÕES

As metodologias de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de Plaisted e Peterson, Annicchiarico e Lin e Binns são concordantes,

sendo complementadas pelos métodos de Wricke, Eberhart e Russel, Cruz, Torres e Vencovsky e AMMI, quanto aos resultados apresentados, sendo recomendável a escolha do método que apresente facilidade de execução e interpretação dos resultados.

Os ambientes Novo São Joaquim, Porto Alegre do Norte e Sinop diferem quanto à classificação dos índices ambientais, apresentando variações quanto à favorabilidade, em função das condições edafoclimáticas presentes em cada safra agrícola.

A linhagem UFU 23 apresenta alta adaptabilidade e estabilidade fenotípica em todas as metodologias estudadas.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento do projeto.

ABSTRACT: The objective is study evaluated the phenotypical adaptability and stability of soybean genotypes in the state of Mato Grosso. 16 genotypes were evaluated for yield in the harvests 2004/05, and 2005/06, in the counties Novo São Joaquim, Porto Alegre do Norte and Sinop, using as experimental design randomized blocks, and three repetitions. Genotype x environment was evaluated, and the analysis of adaptability and stability was done with the following methods: Plaisted and Peterson, Wricke, Annicchiarico, Lin and Binns, Eberhart and Russel, Cruz, Torres and Vencovsky and AMMI. The methodologies studied were similar and complemented each other for the results for phenotypical adaptability and stability. The environments differed in favorability as a function of agricultural year. The line UFU 23 presented high phenotypical adaptability and stability in all methodologies evaluated.

KEYWORDS: *Glycine max.* Breeding. Yield. Lines.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A.; KHIL, R. A. S.; MIRANDA, M. A. C.; CAMPELO, G. J. A. **Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes**. Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br/servicos/livrorg/sojamelhoramento.doc>>. Acesso em: 02 abr. 2011.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **J. Genet. & Breed.** 46. p. 269-278. 1992.
- CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 44, p. 55-85, 1990.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa universitária, Viçosa, MG, 1994. 390p.
- CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 567-80, 1989.
- DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60p.
- EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6., n. 1, p. 36-40, 1966.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- FERREIRA, D. F. **Software**: Programa estabilidade. Disponível em: www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm. Acesso em 01 de junho de 2007.
- FINLAY; WILKINSON. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agriculture Research**, East Melbourn, v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.
- FUNDAÇÃO MATO GROSSO. **Boletim Técnico de Soja 2004**. Rondonópolis: Fundação MT, 2004. p. 18-25.
- GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yeild trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. **Genotype-by-environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. 416p.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.
- 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. **Applied statistics**, v. 23, n. 2, p. 340-354. 1974.
- HUHN, 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. p. 235-270.
- KIIHL, R. A. S. Choice of cultivars. In: **Tropical Soybean: improvement and production**. E. Kueneman (ed). FAO - Plant Production and Protection Series, No. 27. Rome, Italy. 1994. p. 111-113.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analyzing cultivarxlocationxyear experiment: a new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 3, p. 425-430, 1988a.

- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivarxlocation data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988b.
- MACHADO, J. R. A. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) avaliados em Minas Gerais**. 2001. 126f. Dissertação (Mestrado em Genética e Bioquímica). Coordenação de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.
- MACHADO, J. R. A.; PENNA, J. C. V.; FALLIERI, J.; SANTOS, P. G.; LANZA, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de algodoeiro para características tecnológicas de fibra. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 673-683, 2003.
- MAGARI, R.; KANG, M. S. SAS Stable: stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 5, p. 929-932. 1997.
- AIA, M. C. C.; VELLO, N. A.; ROCHA, M. M.; PINHEIRO, J. B.; SILVA Jr., N. F. D. et al. 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.
- MANDEL, J. A new analysis of variance model for non-additive data. **Technometrics**, Washington, v. 13, n. 1, p. 1-18, Feb. 1971.
- MIRANDA, F. T. S. de. **Métodos de regressão e uni-multivariado para a redução do número de repetições em experimentos intermediários de um programa de melhoramento de soja**. Piracicaba. 2005. 110f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MORAIS, L. K. **Adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja para o Estado do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul**. Goiânia, 2005. 111f. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas). Coordenação de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Goiás, 2005.
- PELUZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D.; BARROS, H. B. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no Sul do Estado de Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 1; p. 34-40, 2008.
- PERKINS, J. M.; JINKS, J. L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. **Heredity**, London, v. 23, n. 3, p. 339-356. 1968.
- 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**, New Jersey, v.36, n.11, p.381-385, 1959.
- PRADO, E. E.; HIROMOTO, 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, M. M. **Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica**. Piracicaba, 2002. 173f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometrics**, Washington, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.

- 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.
- SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. **Heredity**, London, v. 29, n. 2, p. 237-245, 1972.
- STORCK, L.; VENCOVSKY, R. Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. **Revista brasileira de genética**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 1, p. 75-81, 1994.
- 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.
- VICENTE, D.; PINTO, R. J. B.; SCAPIM, C. A. Análise da adaptabilidade e estabilidade de linhagens elite de soja. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 301-307, 2004.
- 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. Zur berechnung der okovalenz bei sommerweizen und hofer. **Pflanzenzuchturg**, Berlin, v. 52, p. 127-138, 1965.
- WRICKE, G.; WEBER, E. W. **Quantitative genetcs and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406p.
- YUE, G. L.; ROOZEBOOM, K. L.; SCHAPAUGH JR., W. T.; LIANG, G. H. Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. **Plant Breeding**, v. 116, n. 3, p. 271-275. 1997.