

# ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE SOJA EM MINAS GERAIS

## SOYBEAN GENOTYPES ADAPTABILITY AND STABILITY IN MINAS GERAIS

Wanessa Rosa CORREIA<sup>1</sup>; Osvaldo Toshiyuki HAMAWAKI<sup>2</sup>; Marcelo Magri LÉLLIS<sup>1</sup>; Daniela Freitas REZENDE<sup>3</sup>

1. Mestre em Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil, [wrcorreia@yahoo.com.br](mailto:wrcorreia@yahoo.com.br); 2. Professor Adjunto, Doutor, ICIAG – UFU, Uberlândia, MG, Brasil; 3. Mestranda em Fitotecnia, ICIAG – UFU, Uberlândia, MG, Brasil.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de 11 genótipos de soja, sendo 8 linhagens do programa de melhoramento de soja da UFU e 3 testemunhas comercialmente utilizadas: M-Soy 8400, MG/BR-46 Conquista e M-Soy 6101. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 3 repetições. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006 nos municípios de Uberlândia e Uberaba (Estado de Minas Gerais), sendo os anos, considerados locais. As análises individuais e conjuntas foram realizadas, considerando-se os efeitos de genótipos fixos e ambientes aleatórios. O método de análise foi o procedimento AMMI (modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa). Pelo procedimento AMMI, os genótipos G9, G5, G7, G1 e o ambiente Uberlândia 2004/2005 (A1 e A2) foram os mais estáveis, também apresentando boas médias de produtividade, mostrando ser os mais promissores para fins de recomendação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Interação. AMMI. *Glycine max*.

### INTRODUÇÃO

As condições edafoclimáticas, associadas às práticas culturais, a ocorrência de patógenos e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas, são coletivamente denominadas ambiente (BOREM; MIRANDA, 2005). A importância do ambiente é incontestável. Sabe-se que o comportamento fenotípico é medido pela ação de genótipo e de ambiente e da interação entre eles (RONZELLI Jr, 1996).

A adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente e a estabilidade diz respeito à capacidade de os genótipos mostrarem comportamento previsível em razão do estímulo do ambiente (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Uma cultivar que pode ajustar seu comportamento fenotípico para alta produtividade e estabilidade para um local e ano em particular é dita estável ou bem adaptada (BUENO, 2001).

Os testes de avaliação de rendimento constituem a fase mais onerosa dos programas de melhoramento. O alto custo desses testes tem levado os melhoristas a buscarem maneiras de maximizar a eficiência de avaliação e uma delas é a otimização da alocação de recursos (BOREM; MIRANDA, 2005).

O Modelo AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model*), foi proposto inicialmente por Mandel em 1971 (LAVORANTI, 2004). Nesta análise, combina-se num único

modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para os efeitos de interação genótipo e ambiente (DUARTE; VENCOVSKY, 1999).

Esta análise pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados, como na localização do chamado zoneamento agrônomico, com fins de recomendação racionalizada e seleção de locais de teste (GAUCH; ZOBEL, 1996).

De forma simplificada, a análise procura capturar padrões presentes na estrutura dos dados, que possam contribuir para melhor explicar a resposta diferencial dos genótipos quando cultivados em diversos ambientes (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Outra vantagem é a possibilidade da representação gráfica (biplot) simultânea dos escores dos efeitos da interação para cada fator, obtidos por análise multivariada, podendo, dessa forma, a interpretação ser feita através da análise da magnitude e do sinal dos escores IPCA (LAVORANTI, 2004).

Assim, escores baixos (próximos de zero) são próprios de genótipos e ambientes que contribuíram pouco ou quase nada para a interação, caracterizando-os como estáveis. Genótipos e ambientes com escores de mesmo sinal devem interagir positivamente evidenciando um sinergismo adaptativo a ser aproveitado na seleção. Aqueles com sinais opostos devem interagir negativamente, sugerindo um certo antagonismo, ou seja, uma

combinação desfavorável de genótipo e ambiente (DUARTE; VENCovsky, 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos de linhagens de soja do Programa de Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Uberlândia, quanto à adaptação e estabilidade em dois municípios na região do Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais através da modelagem AMMI.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, na época normal de cultivo para o estado de Minas Gerais (cultivo de verão). Foram dois os locais de teste, sendo os anos, considerados locais: Uberlândia 2004/2005, como ambiente 1 (A1), Uberlândia 2005/2006 como ambiente 2 (A2), Uberaba 2004/2005 considerado ambiente 3 (A3) e Uberaba 2005/2006 ambiente 4 (A4).

Em Uberlândia, os experimentos foram instalados na Fazenda Capim Branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), situada a 18°53'192''S de latitude e 48°20'574''W de longitude, com altitude de 835 m. Em Uberaba, na Fazenda Boa Vista, situada a 19°50'395''S de latitude e 47°51'063''W de longitude, com altitude de 680 m. Ambas apresentam o solo classificado como latossolo vermelho distrófico.

O delineamento estatístico foi o de blocos casualizados com três repetições. Foram testados 11 genótipos em cada um dos 4 locais. A parcela foi similar em todos os experimentos, sendo formada por 4 fileiras de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,45 m. A parcela útil para a tomada de dados compreendeu as duas fileiras centrais da parcela, descontando-se 0,5 metro de cada extremidade das fileiras totalizando 8,9 m<sup>2</sup>.

Foram avaliadas oito linhagens de soja (classificadas de G1 a G8), de ciclo de maturação precoce, provenientes de cruzamentos realizados no Programa de Melhoramento de Soja da UFU. Foram utilizadas três testemunhas: M-Soy 8400, Conquista (MGBR-46) e M-Soy 6101.

O caráter avaliado foi produtividade de grãos, obtido através do peso dos grãos da área útil da parcela, após colheita, trilha e limpeza destes e posterior correção do teor de umidade da massa de grãos para a umidade padrão de 13%, expressa em gramas por parcela (g/parcela). Os dados referentes à produtividade avaliados nestes experimentos foram submetidos a uma análise de variância individual por local, e conjunta, considerando-se os 4 locais, utilizando-se o modelo fatorial do

Programa Genes (CRUZ, 2001), descrito como:

$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/E_{jk} + E_j + GE_{ij} + e_{ijk}$   
 No qual:  $Y_{ijk}$ : valor observado do i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente e k-ésimo bloco;  $\mu$ : média geral dos ensaios;  $G_i$ : efeito do i-ésimo genótipo;  $B/E_{jk}$ : efeito aleatório de k-ésimo bloco, dentro do j-ésimo ambiente;  $E_j$ : efeito do j-ésimo ambiente;  $GE_{ij}$ : efeito da interação do i-ésimo genótipo com o j-ésimo ambiente; e  $e_{ijk}$ : erro aleatório associado a  $Y_{ijk}$

Os efeitos de genótipos foram considerados fixos, e os de ambiente, aleatórios, conforme Vencovsky, 1992. Uma detalhada descrição da metodologia AMMI é encontrada em Gauch, 1992, Ebson e Gauch 2002 e Duarte e Vencovsky, 1999. Para esta análise foi utilizado o programa Estabilidade (FERREIRA, 2000).

O Modelo AMMI de análise segue:  $Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_k \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + e_{ij}$  em que:  $Y_{ij}$  é a resposta média do genótipo  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, G$  genótipos) no ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, A$  ambientes);  $\mu$  é a média geral dos ensaios;  $g_i$  é o efeito fixo do genótipo  $i$ ;  $e_j$  é o efeito fixo do ambiente  $j$ ;  $\lambda_k$  é o k-ésimo valor singular (escalar) da matriz de interações original (denotada por GA);  $\gamma_{ik}$  é o elemento correspondente ao i-ésimo genótipo no k-ésimo vetor singular coluna da matriz GA;  $\alpha_{jk}$  é o elemento correspondente ao j-ésimo ambiente no k-ésimo vetor singular linha da matriz GA;  $\rho_{ij}$  é o ruído associado ao termo  $(g\alpha)_{ij}$  da interação clássica do genótipo  $i$  com o ambiente  $j$ ; e  $e_{ij}$  é o erro experimental médio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância para cada local e as médias de produtividade de grãos (g/parcela), das 8 linhagens e das 3 cultivares de soja cultivadas em quatro locais, são apresentadas na Tabela 1.

A produtividade média geral de grãos, como se pode ver na Tabela 2, nos quatro locais, variou de 693,00 g/parcela em Uberlândia 2005/2006 (A2), a 4031,27 g/parcela em Uberlândia 2004/2005 (A1). Os coeficientes de variação foram de 8,38% a 19,89%, indicando, assim, que a precisão experimental variou de ótima a regular, sendo valores considerados válidos para experimento de campo, conforme outros autores: Diniz, 2004, Oliveira Neto, 2004 e Ferreira, 1996. As análises de variância individual apresentaram diferenças significativas entre as linhagens para todos os caracteres analisados, o que indica desempenho diferenciado entre as linhagens em todos os diferentes locais.

**Tabela 1.** Produtividade média de grãos (g/par) de 11 genótipos de soja em quatro locais: Uberlândia (A1 e A2) e Uberaba (A3 e A4).

Genótipos	Uberlândia 1	Uberlândia 2	Uberaba 1	Uberaba 2	Média
G1	3330	2306,66	1386,85	2493	2379,13
G2	3239,98	2295,66	2580,25	1911	2506,72
G3	4031,27	2909,33	1392,39	2702	2758,75
G4	3241,82	2166	999,97	3013,67	2355,36
G5	3652,71	2008,33	1562,28	2690	2478,33
G6	3761,66	2481	1038,75	2336	2404,35
G7	3179,96	2402,33	1515,19	2347	2361,12
G8	3414,02	1934,33	2256,16	2228,33	2458,21
G9	3592,69	2026,66	1939	2369,33	2481,92
G10	3347,08	693	2146,75	1541	1931,96
G11	3361,86	1892	1941,77	3267,67	2615,82
Q.M Bloco	207967,67	82946,16	127192,39	28894,91	
Q.M (trat)	206141,01	771633,14	912317,12	691519,7	
Q.M(res)	84552,79	115127,94	77948,89	130634,34	
Média	3468,46	1705,4	2101,39	2445,36	
CV	8,38	13,29	19,89	14,78	

**Tabela 2.** Análise conjunta para Produtividade de Grãos (g/par) de 11 genótipos de soja semeados em quatro locais. Esta tabela está incompleta. Acrescentar valores de teste de F.

Fonte de Variação	G1	Quadrado médio Rendimento grãos (g/par)
Bloco x ambiente	8	111750,28
Genótipos	10	499110,92*
Ambiente	3	18828329,61*
Genótipos x ambiente	30	694166,68*
Resíduos	80	102065,99
Média		2430,15
CV%		13,15

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

As análises de variância conjunta relativas à produtividade de grãos (g/parcela), necessária para avaliar o efeito de interação entre G x E, encontram-se na Tabela 1.

O efeito do ambiente foi responsável pela maior parte da variação dos tratamentos, seguida pelo efeito da interação (G x E). A interação significativa indica que os genótipos se comportam de forma diferenciada no ambiente.

Segundo Duarte e Vencovsky (1999), a interpretação de um biplot quanto a interação G x E é feita observando-se a magnitude e o sinal dos escores de genótipos e ambientes para o(s) eixo(s) de interação. Assim, escores baixos (próximos de zero) são próprios de genótipos e ambientes que contribuíram pouco ou quase nada para a interação, caracterizando-o como estáveis. Combinações de genótipos e ambientes com escores IPCA de mesmo sinal têm interações específicas positivas;

combinações de sinais opostos apresentam interações específicas negativas.

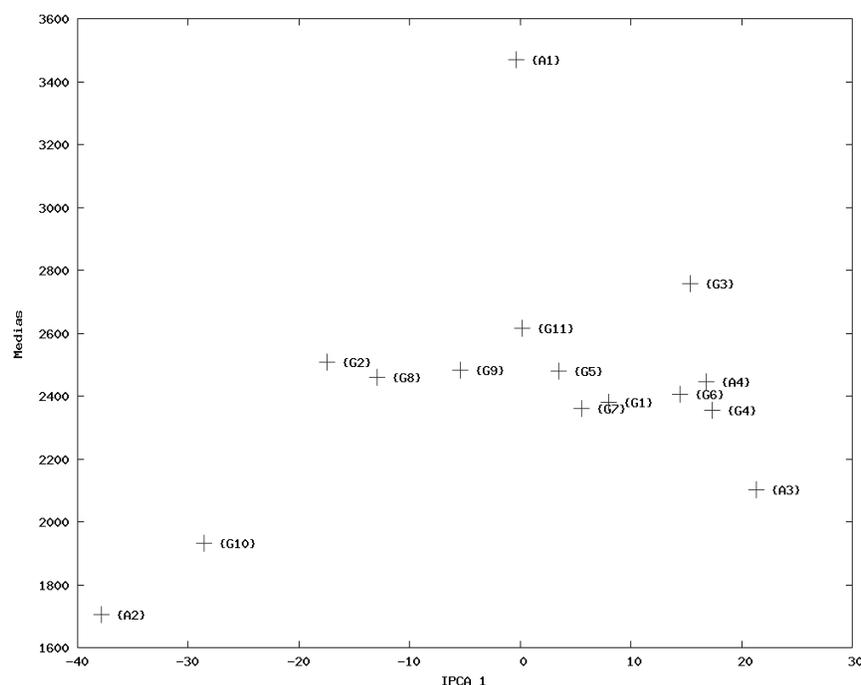
Na Tabela 3 apresenta-se as coordenadas dos eixos de abscissas (x) e de coordenadas (y) para os dois gráficos: Médias vs IPCA1 (Figura 1) e IPCAC1 vs IPCAC2 (Figura 2).

Na Figura 1, a estabilidade é avaliada inspecionando-se as ordenadas, sendo os pontos situados na faixa vertical em torno de zero em relação ao eixo IPCA1 correspondentes aos genótipos e ambientes mais estáveis. Entre estes estão os genótipos G11, G5 e G7 e o ambiente A1.

Na Figura 2, genótipos e ambientes estáveis são aqueles cujos pontos situam-se próximos à origem, ou seja, com escores praticamente nulos para os dois eixos de interação (IPCA 1 e 2). Fazem parte os genótipos G9, G5 G7 e G1 e o ambiente A1.

**Tabela 3.** Coordenadas dos eixos de abscissas (x) e de coordenadas (y), para os dois gráficos biplot:

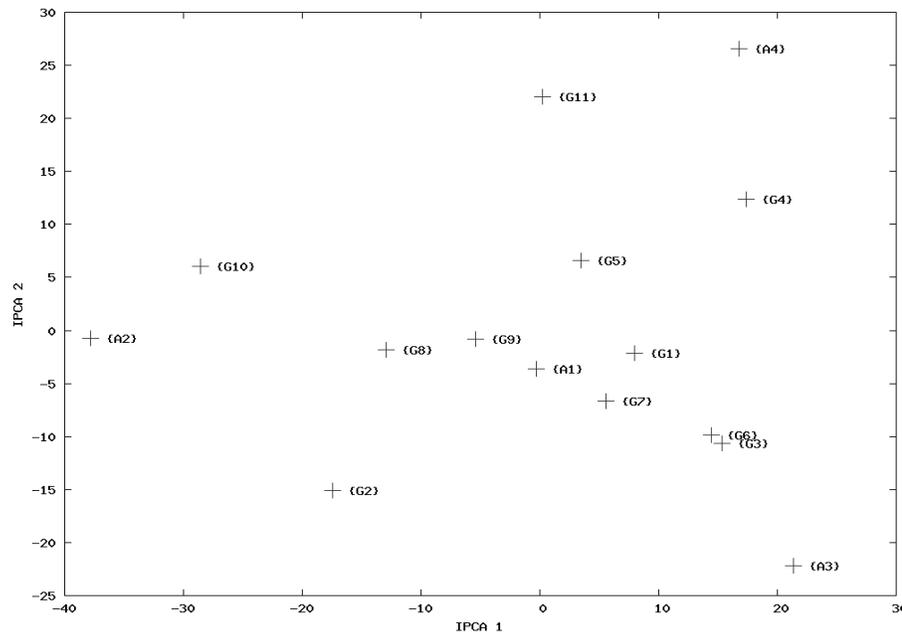
Genótipos Ambientes	Biplot AMMI1		Biplot AMMI2		Ordem para Médias
	IPCA1 (x)	média (y)	IPCA1 (x)	IPCA2 (y)	
G1	7,9671	2379,1288	7,9671	-2,1192	4
G2	-17,4423	2506,7242	-17,4423	-15,0997	9
G3	15,3215	2758,7483	15,3215	-10,6798	11
G4	17,3762	2355,365	17,3762	12,3726	2
G5	3,4481	2478,33	3,4481	6,5998	7
G6	14,4698	2404,3525	14,4698	-9,8437	5
G7	5,5618	2361,1208	5,5618	-6,6822	3
G8	-12,9269	2458,2138	-12,9269	-1,8560	6
G9	-5,4171	2481,9225	-5,4171	-0,8229	8
G10	-28,5556	1931,9583	-28,5556	6,0866	1
G11	0,1974	2615,8233	0,1974	22,0446	10
A1	-0,3233	3468,45955	-0,3233	-0,1048111	4
A2	-37,8216	1705,39652	-37,8216	-0,020396	1
A3	21,3525	2101,39394	21,3525	-0,637668	2
A4	16,7925	2445,36364	16,7925	0,762875	3

**Figura 1.** Biplot AMMI1 com médias e IPCA1

De acordo com Duarte e Vencovsky (1999), sobre os genótipos, a estabilidade avaliada é um indicativo de suas amplitudes adaptativas, sendo que os genótipos estáveis mostram-se amplamente adaptados aos ambientes de teste.

Deve-se ainda, para fins de recomendação, considerar também a média de produtividade do

genótipo, pois, nem sempre o genótipo mais estável será o que apresenta maiores médias de produtividade. Consideram-se então os genótipos G3, G5, e G7, que, além de apresentarem boa estabilidade, também apresentaram boas médias de produtividade.



**Figura 2.** Biplot AMMI2 com IPCA1 e IPCA2.

Quanto à estabilidade ambiental, o ambiente A1 foi o de menor escore, seguido de A2, o que indica Uberlândia como local mais consistente e confiável para fins de recomendação das cultivares testadas, seguidos dos ambientes A4 e A3.

## CONCLUSÕES

As linhagens G1, G5 e G7 foram as mais estáveis nos 4 ambientes, não tendo estas, relações genealógicas diretas.

O ambiente Uberlândia mostrou-se, nos dois anos, como o mais propício e confiável para fins de recomendação de cultivares.

A metodologia AMMI é consistente com os objetivos do melhoramento, uma vez que seleciona genótipos e ambientes favoráveis.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de realização do curso de Fitotecnia, a Fazenda Capim Branco e aos amigos do programa de melhoramento de soja da UFU pelo apoio prestado à condução do experimento.

---

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyze the stability and adaptability of 11 soybean genotypes, where 8 lines belonged to the Soybean breeding program of UFU and 3 commercial cultivars were used as controls: M-Soy 8400, MG/BR-46 Conquista and M-Soy 6101. The experimental design used was randomized blocks, with three replications. The study was done in 2004/2005 and 2005/2006 harvest in Uberlândia and Uberaba counties (Minas Gerais state), where years were considered as places by the Soybean breeding program of UFU. Individual and combined statistical analyses were performed considering genotype effects as fixed and environment effects as variable. The methods to analyze were AMMI procedure (additive main effect and multiplicative interaction analysis). By the AMMI procedure, the genotypes G9, G5, G7, G1 and environment Uberlândia 2004/2005 (A1 and A2) were the most stables, also presenting good average yields, demonstrating that they are the most promising for cultivar recommendation.

**KEYWORDS:** Interaction. AMMI. *Glycine max*.

---

## REFERÊNCIAS

BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001. 282p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Versão Windows – Aplicativo Computacional em Genética e Estatística**. Editora: UFV. 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

DINIZ, R. M. G. **Comportamento de cultivares de soja em São Gotardo, Uberaba e Uberlândia**. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes: uma introdução à análise AMMI**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monográfica, 9).

EBDON, J. S.; H. G. GAUCH Jr. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of National Turfgrass Performance Trials: II. Cultivar Recommendations. **Crop Science**, v. 42, n 2, p. 497-506, 2002.

FERREIRA, D. F. **Programa Estabilidade**. 2000. Disponível em : <<http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm>>. Acesso em: 2006.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada a agronomia**. Maceió: Edufal, 1996. 606 p.

GAUCH, H.G. 1992. Statistical Analysis of regional Yield trials: AMMI Analysis of Factorial Designs. Elsevier Science Publishers, Netherlands. 277 p.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, v. 4, p. 85-122. 1996.

LAVORANTI, O. J. **Modelagem AMMI para estudos de interação em modelos estatísticos de efeitos fixos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 7 p. (Comunicado Técnico, 124).

OLIVEIRA NETO, J. O. **Adaptabilidade e Estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais e Goiás**. 2004. 82f. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

RONZELLI Jr, P. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba: P. Ronzelli Jr., 1996.

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