

Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão cultivados em duas localidades de Mato Grosso do Sul¹

Agenor Martinho Correa², Manoel Carlos Gonçalves³, Luiz Carlos Ferreira de Souza⁴, Edson Talarico Rodrigues⁵,
Silvana de Paula Quintão Scalon⁶

Resumo - Parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade da produtividade de grãos (PRD) de 13 genótipos de feijão foram estimados em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Aquidauana e Dourados), durante os anos agrícolas 2000/2001 a 2005/2006, no cultivo “da seca” e “das águas”, perfazendo um total de 12 ambientes. Cada ambiente consistiu de uma combinação de local x época de cultivo x ano agrícola. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental foi constituída de duas fileiras de plantas, com 1,50 m de comprimento cada, espaçadas de 0,50 m entre si. Os parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade foram estimados pelas metodologias de Eberhart e Russell, Lin e Binns e modelo AMMI-biplot. Os resultados obtidos permitiram concluir que a cultivar Rudá é de ampla adaptabilidade, que nenhum dos genótipos avaliados é de comportamento previsível, quando se considera simultaneamente as três metodologias estudadas, e que os genótipos CNF 7135 Bambuí e CNF 4129 A54 são os mais instáveis e os menos produtivos.

Palavras chave - *Phaseolus vulgaris*, interação genótipos x ambiente, cultivar.

Adaptability and stability of common bean genotypes grow in two locations in the state of Mato Grosso do Sul¹

Abstract - *Adaptability and stability parameters of the grain yield (YD) of thirteen common bean genotypes were estimated at two locations of Mato Grosso do Sul State (Aquidauana and Dourados), in the period from 2000/2001 to 2005/2006, in the “dry” and “rain” harvest, composing a total of 12 environments. Each environment was characterized by the combination of local x crop season x year. The genotypes were assessed in randomized blocks, with three replications. The experimental unit consisted of two lines of 1,50 m in length each one by a width of 0,50 m. The adaptability and stability parameters were estimated using the methodology Eberhart and Russell, Lin and Binns and AMMI-biplot model. The results obtained allow to conclude that the cultivar Rudá, has broad adaptation; none of the genotypes have predictability of response when considered the three methodologies simultaneously. The genotypes CNF 7135 Bambui and CNF 4129A 54 are the most unstable and the less productive.*

Key words - *Phaseolus vulgaris*, genotype x environment interaction, cultivar.

INTRODUÇÃO

No Estado de Mato Grosso do Sul, a cultura do feijão é explorada em uma amplitude muito grande de condições edafoclimáticas e, também, por agricultores que adotam diferentes níveis de tecnologia, desde o cultivo de subsistência até lavouras empresariais. Nessas condições é de se esperar que ocorra interação genótipos x ambientes (GxE) e que essa tenha papel relevante na manifestação fenotípica, sobretudo, na produtividade de grãos. A presença da interação genótipos x ambientes não só impede que se faça a recomendação generalizada

de cultivares como, também, por mascarar a expressão genotípica, dificulta o progresso com a seleção de genótipos (CRUZ et al., 2004).

Chaves (2001) definiu a interação genótipos x ambientes como sendo o efeito diferencial do ambiente sobre os genótipos ou a resposta diferencial dos genótipos à variação do ambiente. Estudos a respeito da interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações pormenorizadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à UFGD/ Dourados-MS

² Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, CP 25, CEP 79200-000 – Aquidauana,MS, e-mail:agenor@uems.br

³ Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 - Dourados,MS, e-mail:manoel.goncalves@ufgd.edu.br

⁴ Prof Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 – Dourados-MS, e-mail: lcfsoouza@ufgd.edu.br

⁵ Prof. Adjunto, Eng^o Agrônomo, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, CP 25, CEP 79200-000 – Aquidauana,MS,

⁶ Prof^a Adjunta, Bióloga, Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, CP 533, CEP 79804-970 – Dourados, MS, email: silvana.scalon@ufgd.edu.br

ambientais. Para tal objetivo, se realizam análises de estabilidade e adaptabilidade pelas quais se torna possível a identificação de cultivares de comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas.

Existem diversas metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de genótipos numa série de ambientes, todas são fundamentadas na existência de interações e apresentam vantagens e desvantagens. Ressalta-se também que os diferentes métodos não são mutuamente excludentes e, portanto, pode haver informações em uma técnica que venha complementar a outra.

A metodologia proposta por Eberhart e Russell (1966) tem sido uma das mais empregadas no estudo da adaptabilidade e da estabilidade de cultivares em função da simplicidade dos cálculos, facilidade de interpretação e informações fornecidas (VERONESI, 1995). Nesse método, o comportamento de cada genótipo, face as variações ambientais, é estimado por meio de uma análise de regressão linear simples da variável dependente em relação a um índice ambiental definido como a diferença entre a média de cada ambiente e a média de todos os ambientes. A estabilidade é definida com base nos desvios de regressão (s_{di}^2), sendo considerada estável a cultivar que obtiver desvio estatisticamente igual a zero e não estável, desvio diferente de zero. Já o coeficiente de determinação (R^2) é utilizado para aferir a qualidade de ajustamento da equação de regressão linear de cada genótipo.

A adaptabilidade é definida pelo coeficiente de regressão do genótipo (β_1). Genótipos com $\beta_1 > 1,0$ são considerados como genótipos responsivos a ambientes favoráveis, com $\beta_1 < 1$ adaptados a ambientes específicos desfavoráveis e com $\beta_1 = 1$, genótipos com adaptabilidade geral. O genótipo ideal, portanto, é aquele que apresenta média de produtividade elevada, coeficiente de regressão (β_1) = 1 e desvio de regressão (s_{di}^2) igual a zero (EBERHART e RUSSELL, 1966). Estudos baseados nessa metodologia em feijão foram desenvolvidos, entre outros, por Ribeiro et al. (2004), Oliveira et al. (2006), Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009).

A metodologia proposta por Lin e Binns (1988),

considerada não paramétrica, se mostra bastante promissora pela informação e facilidade de interpretação que oferece. Nessa metodologia o parâmetro de adaptabilidade e de estabilidade é estimado por meio de uma medida de superioridade (P_i) que associa produtividade, estabilidade e adaptabilidade, definindo a cultivar superior como sendo aquela que apresenta uma performance próxima do máximo nos vários ambientes (HELGADÓTTIR e KRISTJÁNSDÓTTIR, 1991) e as mais baixas estimativas de P_1 . Análises de adaptabilidade e de estabilidade empregando a metodologia de Lin e Binns (1988) na cultura do feijão foram usadas por diversos autores (ABREU et al., 1998; NUNES et al., 1999; ELIAS et al., 2005 e MELO et al., 2007).

Uma alternativa aos procedimentos de regressão linear para o detalhamento do efeito da interação de genótipos x ambientes é a utilização do modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa AMMI (ZOBEL et al., 1988 e GAUCH, 1992). Este método combina técnicas estatísticas, como a análise de variância e técnicas multivariadas (análise de componentes principais) em um único modelo, aditivo quanto aos efeitos principais de genótipos e ambientes, e multiplicativo no detalhamento da interação genótipos x ambientes. Poucos trabalhos têm sido realizados no Brasil empregando-se a análise AMMI no feijão podendo-se citar Melo et al. (2007) e Pereira et al. (2009). De um modo geral esses trabalhos constataram melhor qualidade nas predições de respostas fenotípicas do modelo AMMI em relação aos métodos tradicionais.

O uso de cultivares adaptadas, com desempenho superior em uma ampla séries de ambientes, constitui a estratégia mais eficiente para minimizar os efeitos desfavoráveis da presença da interação genótipos x ambientes (RAMALHO, 1993). Todavia, não existem referências sobre esses parâmetros no Estado do Mato Grosso do Sul, sendo, portanto, necessárias informações com vista a aprimorar e reduzir a chance de erro quer na indicação de cultivares aos produtores, quer na sua utilização em programas de melhoramento, optando-se por aquelas que apresentem maior adaptabilidade e estabilidade às condições ambientais.

Assim sendo, esse trabalho teve por objetivo estimar parâmetros de adaptabilidade e de estabilidade

para o caráter produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão, utilizando-se diferentes metodologias, em duas localidades de Mato Grosso do Sul, em duas épocas de cultivo durante os anos agrícolas de 2000/2001 a 2005/2006.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em 12 ambientes experimentais distintos, no período de 2000/2001 a 2005/2006. Os ambientes foram constituídos da combinação de local, época de cultivo e ano agrícola (Tabela 1).

Em Dourados, os experimentos foram desenvolvidos na área experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, cujas coordenadas geográficas são 22° 12' 16" latitude sul, 54° 48' 20" longitude oeste e altitude de 452 metros. Em Aquidauana, por sua vez, na área experimental da Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, situada nas coordenadas geográficas 20° 20' 00" latitude sul, 55° 48' 00" longitude oeste e altitude de 207 metros.

O germoplasma utilizado constou das seguintes cultivares: Rudá, Aporé, Xamego, Pérola, Ouro Negro, Diamante Negro, IAPAR 14, EMGOPA 201-Ouro, IAC-Carioca Eté e CNF 7135 Bambuí, e das linhagens avançadas: CNF 4999-Rio Tibagi, CNF 4129 A 54 e CNF v 8025. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições. A unidade experimental constou de duas linhas de plantas com 1,50 m de comprimento cada uma, e espaçadas entre si de 0,50 m. A semeadura em Dourados foi realizada, na época "da seca", na segunda quinzena de março, e na

época "das águas", na segunda quinzena de setembro. Em Aquidauana, os ensaios foram realizados apenas na época "da seca" e a semeadura foi realizada sempre no período compreendido entre 10 a 20 de abril.

Na avaliação da produtividade de grãos (PRD) considerou-se a produção da parcela, extrapolada para kg ha⁻¹ de grãos, com base no número total de plantas na colheita. A produtividade foi ajustada para a umidade de 13% nos grãos.

Inicialmente foram realizadas as análises de variância individuais para cada um dos 12 ambientes experimentais. Preliminarmente, à análise de variância conjunta dos experimentos, verificou-se a homogeneidade das variâncias residuais (QMRs) dos ensaios considerando-se a razão entre o maior e o menor quadrado médio do erro em cada um dos ambientes estudados. Na análise de variância conjunta o modelo adotado foi o fatorial simples considerando-se os efeitos de genótipo como fixo e da interação genótipos x ambientes e de ambiente como aleatórios. As análises de estabilidade e de adaptabilidade foram realizadas pelas metodologias de Eberhart e Russell (1966), de Lin e Binns (1988) e análise AMMI-biplot.

O modelo de regressão linear adotado pela metodologia de Eberhart e Russell (1966) é dado pela seguinte expressão:

$$Y_{ij} = \beta_{0i} + \beta_{1i} I_j + \sigma_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} : média do i -ésimo genótipo no j -ésimo ambiente;

b_{0i} : média geral do i -ésimo genótipo;

b_{1i} : coeficiente de regressão linear, que mede a resposta do i -ésimo genótipo à variação do ambiente;

I_j : índice ambiental codificado $\sum_j I_j = 0$, sendo $I_j = Y_{.j} - Y_{..}$;

Tabela 1 - Caracterização dos ambientes usados para análises de análise de adaptabilidade e de estabilidade de genótipos de feijão no Mato Grosso do Sul.

ambiente	local	época	ano agrícola
E A	Dourados	"das águas"	2000/2001
E B	Dourados	"da seca"	2000/2001
E C	Aquidauana	"da seca"	2000/2001
E D	Dourados	"das águas"	2001/2002
E E	Dourados	"da seca"	2001/2002
E F	Aquidauana	"da seca"	2001/2002
E G	Aquidauana	"da seca"	2002/2003
E H	Aquidauana	"da seca"	2003/2004
E I	Aquidauana	"da seca"	2004/2005
E J	Dourados	"das águas"	2005/2006
E K	Dourados	"da seca"	2005/2006
E L	Aquidauana	"da seca"	2005/2006

σ_{ij} : desvio da regressão do *i*-ésimo genótipo no *j*-ésimo ambiente;

Na metodologia proposta por Lin e Binns (1988) o parâmetro de adaptabilidade e de estabilidade é estimado por meio da medida de superioridade P_i empregando-se a seguinte expressão:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (x_{ij} - M_j)^2 / 2n$$

onde: P_i : estimativa do parâmetro de adaptabilidade e estabilidade do *i*-ésimo genótipo;

x_{ij} : produtividade do *i*-ésimo genótipo no *j*-ésimo ambiente;

M_j : resposta máxima obtida entre todos os genótipos no *j*-ésimo ambiente;

n : número de ambientes.

Na análise AMMI-biplot considerou-se os efeitos de genótipos e ambientes como fixos e o modelo segundo a equação:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n (\lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk}) + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

onde: Y_{ij} : é a resposta média do *i*-ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, G$ genótipos) no *j*-ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, A$ ambientes);

μ : a média geral dos ensaios;

g_i : o efeito do *i*-ésimo genótipo;

a_j : o efeito do *j*-ésimo ambiente;

λ_k : o *k*-ésimo valor singular (escalar) da matriz de interação original (denotada por $G \times A$);

γ_{ik} : o elemento correspondente ao *i*-ésimo genótipo no *k*-ésimo vetor singular coluna da matriz GA ;

α_{jk} : o elemento correspondente ao *j*-ésimo ambiente no *k*-ésimo vetor singular linha da matriz GA ;

ρ_{ij} : o ruído associado ao termo $(ga)_{ij}$ da interação clássica do genótipo *i* com o ambiente *j*;

ε_{ij} : erro experimental médio.

Para a definição do número de eixos a serem retidos, a fim de explicar o padrão relacionado à interação, foram adotados os critérios propostos por Gauch e Zobel (1988), levando em consideração a proporção da soma de quadrados da interação ($SQ_{G \times E}$) acumulada até o *n*-ésimo eixo. Dessa forma, o ponto de parada que determina a seleção do modelo de cada membro da família de modelos AMMI (AMMI0, AMMI1, ..., AMMI n) foi obtido com base na significância do teste F de Gollob (1968).

A interpretação da adaptabilidade e da

estabilidade dos genótipos e ambientes, ou seja, as suas coordenadas nos eixos principais de interação (IPCA) foi feita com base na análise gráfica em *biplot* (GABRIEL, 1971).

A estimação dos parâmetros e os testes de significância foram realizados pelo aplicativo computacional em genética e estatística GENES (CRUZ, 2006) e pelo programa computacional CROPSTAT (IRRI, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre as variâncias residuais (QMRs) das análises individuais demonstrou que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual dos ambientes, foi de 5,59, inferior, portanto, ao valor sete sugerido por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), indicando homogeneidade das variâncias residuais entre os ambientes e possibilitando a análise de variância conjunta, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

A análise da variância conjunta permitiu observar que tanto os efeitos principais de genótipos e de ambientes, como os da interação genótipos x ambientes foram significativos ($p < 0,01$), sendo que, a significância deste último efeito, indica a ocorrência de um comportamento diferencial dos genótipos nos ambientes estudados e a conveniência de proceder à análise da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica (Tabela 2).

De acordo com a metodologia de Eberhart e Russell (1966), genótipos com coeficiente de regressão linear igual a um ($\beta_1 = 1$) são considerados de ampla adaptação e, neste sentido, observou-se que somente as cultivares Rudá, Xamego, Diamante Negro, EMGOPA

Tabela 2 - Análise de variância conjunta de 13 genótipos de feijoeiro comum em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul, para produtividade de grãos

Fonte de Variação	G L	Q. M. PRD
Blocos/Ambientes	24	57435,722
Blocos	2	105922,722
Blocos x Amb	22	53027,648
Genótipos (G)	11	2724265,054**
Ambientes (A)	12	6365104,370**
GxA	132	606890,429**
Resíduo	288	44774,838
Total	467	
Média	-	1890,045
Cv (%)	-	11,189

(**): significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

201-Ouro e a linhagem CNF 4129 A54 foram de ampla adaptação (Tabela 3). Todavia, dessas cultivares, apenas Rudá, Xamego e EMGOPA 201-Ouro, apresentaram produtividade de grãos acima da média geral o que as credencia como cultivares de recomendação geral a todos os ambientes avaliados.

Observa-se que, enquanto os genótipos Ouro Negro, CNF 7135 Bambuí e CNFv 8025 se mostraram adaptados aos ambientes favoráveis ($\beta_{1i} > 1$), os genótipos Aporé, IAPAR 14 e IAC Carioca Eté se mostraram altamente adaptados aos ambientes desfavoráveis ($\beta_{1i} < 1$).

Para Eberhart e Russell (1966) genótipos com desvios de regressão iguais a zero ($\sigma_{di}^2 = 0$) são considerados estáveis, ou seja, com previsibilidade de comportamento quando as condições ambientais não são alteradas. Pode-se observar na Tabela 3, que todos os genótipos apresentaram σ_{di}^2 significativos pelo teste "F" ($\sigma_{di}^2 \neq 0$), caracterizando-se como de baixa estabilidade. A não previsibilidade de comportamento dos genótipos foi também indicada pelos baixos valores de R^2 (coeficiente de determinação) que, segundo Cruz et al. (2004), é uma medida auxiliar na avaliação da estabilidade dos genótipos quando os desvios de regressão são estatisticamente diferentes de zero.

Para Lin et al. (1986), os baixos valores dos coeficientes de determinação devem ser interpretados como ajustamento inadequado dos dados à reta de regressão, indicando que o modelo não se adequou bem ao estudo genético realizado e, portanto, não explicou satisfatoriamente o comportamento dos genótipos ante

as variações dos ambientes. Apenas a cultivar Diamante Negro apresentou coeficiente de determinação acima de 80% (Tabela 3), portanto, um adequado ajustamento dos dados ao modelo. Todavia, essa cultivar não se enquadra no modelo do genótipo ideal, segundo as concepções dos autores da metodologia pois, embora seja de ampla adaptação, a sua produtividade de grãos está abaixo da média geral (Tabela 4) e os desvios de regressão foram significativos ($\sigma_{di}^2 \neq 0$) (Tabela 3). Resultado semelhante para essa cultivar quanto à estabilidade obtiveram Ribeiro et al. (2004) divergindo, contudo, a resposta quanto à adaptação uma vez que a cultivar se mostrou de adaptação específica a ambientes desfavoráveis.

Pela metodologia de Lin e Binns (1988), os genótipos Aporé, EMGOPA 201-Ouro, CNFv 8025, Rudá, e Xamego, em ordem decrescente, foram os mais estáveis pelas estimativas de P_i e os genótipos CNF 4129 A 54, CNF 7135 Bambuí, CNF 4999 Rio Tibagi e IAC Carioca Eté os de comportamento menos previsível. Observou-se que os genótipos mais estáveis foram também os mais produtivos (Tabela 4).

Segundo Lin e Binns (1988), a estimativa P_i pode ser ainda desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo, isto é, uma soma de quadrados de genótipos; e a segunda correspondente à parte da interação GxE. A primeira parte não é prejudicial ao trabalho, pois não implica, necessariamente, na alteração da classificação dos genótipos; a segunda parte pode afetar a classificação dos genótipos. Logo, o ideal de um genótipo que apresente o

Tabela 3 - Médias (β_{0i}), estimativas dos coeficientes de regressão (β_{1i}), desvios de regressão (σ_{di}^2) e coeficientes de determinação (R^2) de 13 genótipos de feijão, avaliados quanto à produtividade de grãos no Mato Grosso do Sul.

Genótipo	β_{0i}	$\beta_{1i}^{(1)}$	$\sigma_{di}^2^{(2)}$	R^2 (%)
Rudá	2178,00	0,9700 ^{ns}	128693,1146**	67,33
Aporé	2307,80	0,7530**	110006,1900**	58,78
Xamego	2037,20	0,9319 ^{ns}	95113,3169**	71,24
Pérola	1713,50	0,8219*	87 035,3297**	67,51
Ouro Negro	1963,60	1,3170**	212871,2678**	70,59
Diamante Negro	1749,10	0,9986 ^{ns}	36569,6195**	85,75
IAPAR-14	1867,00	0,6912**	151369,7541**	47,49
EMGOPA 201-Ouro	2305,60	1,1278 ^{ns}	270922,3590**	58,40
IAC Carioca Eté	1728,80	0,6066**	121449,5076**	45,89
CNF 7135 Bambuí	1629,10	1,3106**	393732,3771**	57,04
CNF 4999 R. Tibagi	1763,20	1,1723*	96833,6740**	79,43
CNF 4129 A 54	1362,90	1,0554 ^{ns}	199921,0933**	62,04
CNFv 8025	1964,70	1,2438**	245918,8492**	65,17

^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade; (**): significativo a 1% de probabilidade; ⁽¹⁾ significância pelo teste "t"; ⁽²⁾ significância pelo teste "F".

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelo método de Lin e Binns (1988) referentes a 13 genótipos de feijão avaliados em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul, para a produtividade de grãos.

Genótipos	Média*	P _i /1000	Desvios		
			Genético/1000	Interação /1000	Contribuição p/ interação (%)
CNF 4129 A 54	1362,90	1099,0778	953,0166	146,0611	9,16
CNF 7135 Bambuí	1629,10	959,1649	618,1824	340,9825	21,39
CNF 4999 R. Tibagi	1763,20	630,7856	478,0328	152,7528	9,59
Pérola	1713,50	627,3969	527,9494	99,4474	6,24
IAC Carioca Eté	1728,80	587,0414	512,3419	74,6995	4,68
Diamante Negro	1749,10	563,4420	493,2038	70,2382	4,41
IAPAR-14	1867,00	478,0277	381,9889	96,0388	6,02
Ouro Negro	1963,60	419,3257	289,3935	129,9321	8,15
Xamego	2037,20	304,6945	247,7102	56,9843	3,57
CNFv 8025	1964,70	301,3420	133,1934	168,1486	10,55
Rudá	2178,00	284,3477	158,4782	125,8694	7,90
EMGOPA 201	2305,60	181,9505	94,8010	87,1494	5,47
Aporé	2307,80	139,5464	93,8407	45,7056	2,87

(*) = Kg ha⁻¹
 menor P_i é que a maior parte deste valor seja atribuída ao desvio genético e, conseqüentemente, menor seja a contribuição dos desvios da interação. A análise dos dados apresentados na Tabela 4, de maneira geral, comprova esta associação.

O estudo da interação, realizado pela análise de componentes principais, consistindo no desdobramento da SQ_(GxE), evidenciou os quatro primeiros eixos (IPCA₁, IPCA₂, IPCA₃ e IPCA₄) apresentando significância ao nível de 1%. Para seleção de modelos AMMI mais preditivos e

parcimoniosos, adotou-se o critério “pós-ditativo” pelo teste F_{Gollob} (GOLLOB, 1968).

A interpretação gráfica em *biplot* foi feita com base na variação devida aos efeitos principais aditivos de genótipos e ambientes e do efeito multiplicativo da interação genótipos x ambientes. O primeiro eixo singular da análise AMMI1 (IPCA₁) explicou 82,6% da variância total das variáveis originais (Figura 1). Assim, pelo critério de Gollob (GOLLOB, 1968), o modelo AMMI1 foi selecionado como aquele que melhor descreve o padrão inerente à

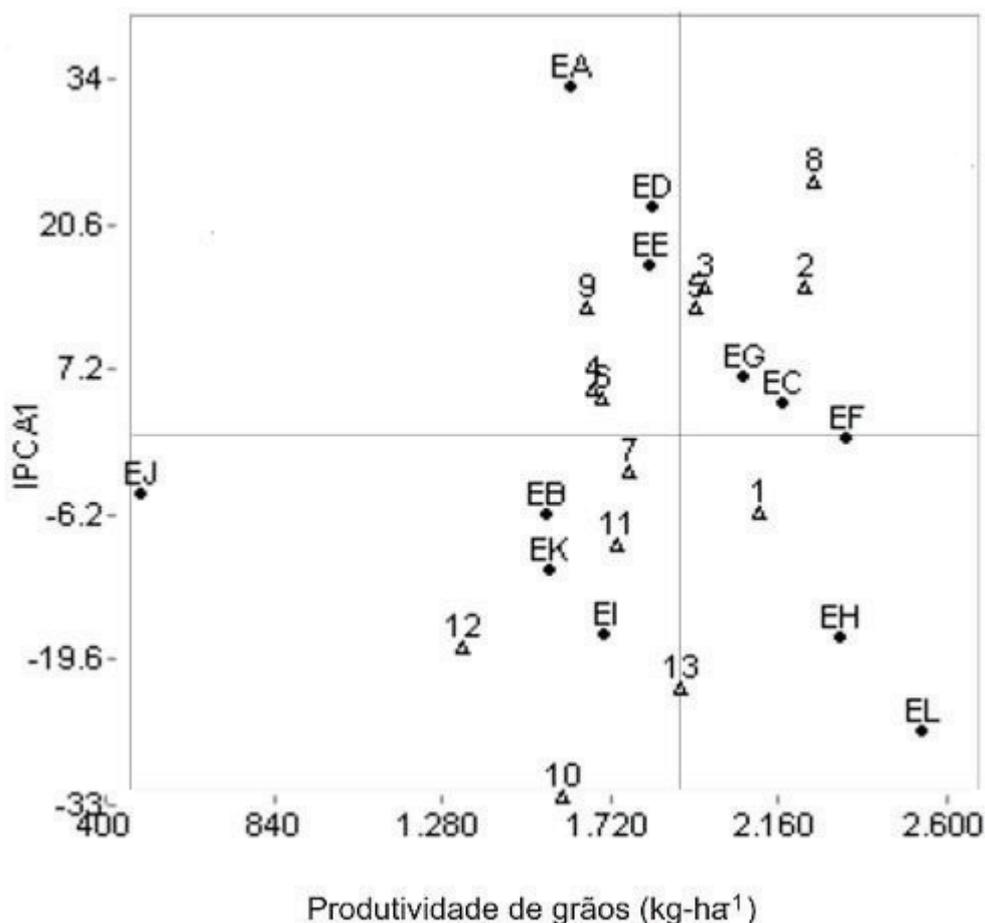


Figura 1 - Biplot AMMI para efeitos principais e interação G x E para dados de produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão (1,..., 13) cultivados em 12 ambientes (EA, ..., EL).

Tabela 5 - Produtividade de grãos de 13 genótipos de feijão em 12 ambientes, no Mato Grosso do Sul.

Genótipos	Ambientes - E											
	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ		
Rudá	1542,7* c	2370,7 a	1980,4 d	2141,8 c	2438,1 a	2586,4 b	2081,3* b	2108,9 c	2187,5 a	1299,8 c		
Aporé	2767,9 a	1840,7 e	2460,7 c	2494,1 b	23473 a	2582,4 b	2521,2 a	1887,0 c	1968,8 a	1900,0 b		
Xamego	2084,6 b	1807,1 f	2308,7 c	2136,3 c	2532,5 a	2450,4 b	2507,6 a	1992,2 c	1576,8 b	1378,5 c		
Pérola	1434,8 c	1183,6 j	1770,7 d	1845,7 c	2296,3 a	1891,9 c	1852,9 b	2012,9 c	1439,4 b	731,5 e		
O. Negro	1960,3 b	902,4 i	3250,8 a	1924,7 c	2014,0 b	3098,2 a	2475,4 a	2238,1 c	1348,6 b	810,5 d		
D. Negro	1451,7 c	1225,8 i	2006,2 d	1696,8 c	2179,5 b	2340,8 b	1970,3 b	2187,1 c	1767,8 a	935,5 d		
IAPAR 14	1618,0 c	1152,9 k	2390,0 c	1923,1 c	1157,9 d	1832,0 c	1867,9 b	2901,1 a	1681,5 b	2413,6 a		
EMGOPA	2864,4 a	2008,4 e	2909,9 b	3073,6 a	2499,9 a	2586,8 b	2571,8 a	2810,1 a	1436,4 b	1030,8 d		
Carioca Été	2242,3 b	1321,4 h	1345,2 e	1969,9 c	1363,6 c	2319,2 b	1973,3 b	1920,2 c	1546,2 b	1436,7 c		
BambuÍ	458,7 f	827,3 m	1661,6 d	775,9 e	996,9 d	2156,5 c	1894,0 b	3020,6 a	2172,3 a	630,0 e		
CNF 4999	1201,1 d	2060,7 b	1863,3 d	1357,4 d	1580,2 c	2569,6 b	2006,1 b	2750,6 a	1770,0 a	532,5 e		
CNF 4129	578,8 f	1612,7 g	1732,9 d	1044,6 e	1015,6 d	1495,2 d	1204,0 c	1855,6 c	1283,7 b	598,3 e		
CNFv8025	817,9 e	1941,2 d	2575,5 c	1451,5 d	1341,6 c	2533,6 b	1984,9 b	2482,0 b	1962,3 a	1275,4 c		
Média	1617,2	1558,1	2173,5	1833,6	1827,9	2341,8	2070,1	2321,0	1703,2	1151,7		
C.V. (%)	8,9	8,3	7,2	10,8	8,5	10,0	11,8	8,0	15,1	15,8		

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knot a 5% de probabilidade.

interação genótipos x ambientes.

Na Figura 1, se encontra a representação *biplot* resultante da análise pelo modelo AMMI1 para o caráter produtividade de grãos. As cultivares EMGOPA 201-Ouro (8) e CNF 7135 Bambuí (10) são as que mais contribuem para interação por apresentam as maiores magnitudes de escores (em valores absolutos) no eixo de interação, sendo, portanto, altamente instáveis. Genótipos como CNFv 8025 (13) e CNF 4129 A 54 (12) demonstram relativa instabilidade e interação específica positiva com os ambientes EK e EI. Comportamento semelhante pode ser observado para os genótipos IAC Carioca Eté (9), Xamego (3) e Aporé (2) que, relativamente instáveis, interagem positivamente com os ambientes ED e EE.

Os genótipos Rudá (1), IAPAR 14 (7), CNF 4999-Rio Tibagi (11), Pérola (4) e Diamante Negro (6), por apresentarem menor coordenada para o eixo $IPCA_1$, são os que menos contribuem (mais estáveis) para a interação. Desses, apenas a cultivar Rudá apresenta produtividade de grãos acima da média geral, demonstrando ampla adaptação a todos os ambientes, podendo ser recomendada de forma generalizada. Interações específicas positivas são observadas entre os genótipos IAPAR 14 (7) e CNF 4999-Rio Tibagi (11) com os ambientes EB, EK e EI e, entre as cultivares Diamante Negro (6) e Pérola (4), com os ambientes EG e EC, o que é possível afirmar dada a proximidade dos escores no biplot e por estarem situados em quadrantes de mesmo sinal. Observou-se, também, que a cultivar EMGOPA 201-Ouro (8) (uma das mais instáveis) denota interação positiva com os ambientes EA, ED (Dourados, safra “das águas”) e EE (Dourados, safra da seca).

O resultado do desdobramento da interação genótipos x ambientes se encontra na Tabela 5. Observou-se que, em todos os ambientes, as médias dos genótipos diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) permitindo inferir sobre a presença de variabilidade genética para o caráter na população avaliada. A amplitude variou de 458,7 kg ha⁻¹, para o genótipo CNF 7531 Bambuí, no ambiente EA, a 3284,6 kg ha⁻¹ para o genótipo CNFv 8025, no ambiente EL, com média geral de 1890,00 kg ha⁻¹ de grãos de feijão. As cultivares Aporé e Rudá mantiveram produtividade de grãos superior à média geral em, praticamente, todos

os ambientes, enquanto que as cultivares EMGOPA 201-Ouro, Xamego, Ouro Negro e CNFv 8025, embora com produtividade média geral elevada, tiveram comportamento inconstante nos ambientes. A linhagem CNF 4129 A 54 foi a de menor produtividade de grãos na maioria dos ambientes.

Considerando-se apenas a magnitude dos valores médios encontrados em cada ambiente, a maior média de produtividade de grãos foi obtida no ambiente L (2520,0 kg ha⁻¹) e a menor no ambiente J (1151,7 kg ha⁻¹) (Tabela 5).

As metodologias adotadas divergem na classificação dos genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade, fato observado, por exemplo, com a cultivar EMGOPA 201-Ouro que, caracterizada como de comportamento instável pelo modelo AMMI-biplot e pelo método de Eberhart e Russell, é o segundo genótipo mais estável pelo parâmetro de Lin e Binns. A cultivar Aporé, classificada como a de maior adaptabilidade e estabilidade pelo método de Lin e Binns, está classificada, pelos parâmetros de Eberhart e Russell, como de comportamento imprevisível e de adaptação a ambientes desfavoráveis. Tais fatos corroboram a idéia do emprego conjunto de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de genótipos pelo fornecimento de informações adicionais e complementares.

Os diferentes ambientes em que o feijão é cultivado no Estado de Mato Grosso do Sul e as diferentes respostas dos genótipos a esses, como pode se ver na Tabela 5, evidencia a necessidade imprescindível de se fazer estudos de adaptabilidade e de estabilidade com vista à recomendação mais adequada de cultivares aos produtores.

CONCLUSÕES

1. Apenas a cultivar Rudá é de ampla adaptabilidade de acordo com as metodologias de Eberhart e Russell, Linn e Binns e modelo AMMI-biplot.
2. Os genótipos CNF 7135 Bambuí e CNF 4129 A 54 são os de comportamento mais instáveis e os menos produtivos.
3. Nenhum dos genótipos avaliados é

de comportamento previsível quando se considera simultaneamente as três metodologias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino Ciência e Tecnologia do Mato Grosso do Sul (FUNDECT) por ter financiado o presente trabalho e pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; ANDRADE, M.J.B. de.; PEREIRA FILHO, I. A. Estabilidade de Linhagens de Feijão em Algumas Localidades no Estado de Minas Gerais no Período de 1994 a 1995. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 308-312, 1998.
- CHAVES, L. J. Interação de Genótipos com Ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARS-INGLIS, M.C.C. (Ed.) **Recursos Genéticos e Melhoramento-Planta**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 673-713
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, AJ; CARNEIRO, PCS. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. Stability Parameters for Comparing Varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p. 36-40, 1966.
- ELIAS, H. T.; HEMP, S.; SCAPIN, C. A.; RODOVALHO, M. de A.; ROYER, M. R.; MORA, F.; BARRETO, R. R. Análise de Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.4, p. 623-628, 2005.
- GABRIEL, K. R. The Biplot-Graphical Display of Matrices with Applications to Principal Components Analysis. **Biometrika** [SI], v.58, p. 453-467, 1971.
- GAUCH, H. C. **Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs**. New York: Elsevier Science, 1992. 278 p.
- GAUCH, H. C.; ZOBEL, R. W. Predictive and posdictive success of statistical analysis of yields trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.35, n.3, p. 905-912, 1988.
- GOLLOB, H. F. A Statistical Model which Combines Features of Factor Analytic and Analysis of Variance Techniques. **Psychometrika**, Baltimore, v. 33, n.1, p. 73-115, 1968.
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.15, n.2, p.135-144, 2009.
- HELGADÓTTIR, A.; KRISTJÁNSÓTTIR, T. Simple Approach to the Analysis of G x E Interactions in a Multilocal Spacial Plant Trial with Timothy. **Euphytica**, Wageningen, v. 54, p. 65-73, 1991.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **CROPSTAT v. 7.0. Tutorial Manual**. Phillipines: Crop Research Informatic Laboratory, 2007. 332p.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A. Stability Analysis: where do we Stand. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v. 26, n.5, p.894-899, 1988.
- MELO, L. C.; SANTOS MELO, P.G.; FARIA, L.C. de; DIAZ, J.L.C; PELOSO, M.J. de.; RAVA, C.A.R.; COSTA, J.G.C. de. Interação com Ambiente e Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro-comum na Região Centro Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.175-723, 2007.
- NUNES, G. H. de S.; ELIAS, H. T.; HEMP, S.; SOUZA, M.A. de Estabilidade de cultivares de feijão-comum no Estado de Santa Catarina. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, p. 625-633, 1999.
- PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.de.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C. da.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e Estabilidade de Genótipos de Feijoeiro-comum com Grãos Tipo Carioca na Região Central do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.1, p. 29-37, 2009.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.G. **Estatística Aplicada a Experimentos Agrônomicos e Florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética Quantitativa em plantas Autógamas: Aplicação ao Melhoramento do Feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993.
- RIBEIRO, N. D.; JOST, E.; POSSEBON, S. B.; GARGNELUTTI FILHO, A. Adaptabilidade e Estabilidade de Cultivares Registradas de Feijão em Diferentes Épocas de Semeadura

AGENOR MARTINHO CORREA, MANOEL CARLOS GONÇALVES, LUIZ CARLOS FERREIRA DE SOUZA, EDSON TALARICO RODRIGUES E SILVANA DE
PAULA QUINTÃO SCALONÉ
para a Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p. 1395-1400, 2004. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) –
Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

VERONESI, J. A. **Comparação de Métodos e Avaliação de Adaptabilidade e Estabilidade de Comportamento de Vinte Genótipos de Milho (*Zea mays* L.) em Dez Ambientes do Estado de Minas Gerais.** 1995. 90 p. ZOBEL, R. W.; WRICGHT, M. J.; GAUCH, H.G. Statistical Analysis of a Yield Trial. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, n.3, p. 388-393, 1988.