

Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude

Helton Santos Pereira (1*); Válter Martins de Almeida (2); Leonardo Cunha Melo (1); Adriane Wendland (1); Luís Cláudio de Faria (1); Maria José Del Peloso (1); Mariana Cruzick de Souza Magaldi (1)

(1) Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás (GO), Brasil.

(2) Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural, 78115-100 Várzea Grande (MT), Brasil.

(*) Autor correspondente: helton@cnpaf.embrapa.br

Recebido: 15/ago./2011; Aceito: 9/abr./2012

Resumo

O objetivo desse trabalho foi identificar genótipos de feijoeiro-comum com alta adaptabilidade e estabilidade de produção e verificar a ocorrência de interação genótipos x ambientes (GxA) para diferentes caracteres em algumas regiões de cerrado com baixa altitude no Estado do Mato Grosso. Foram realizados 12 ensaios em blocos casualizados, com três repetições, em épocas de semeadura da seca e do inverno, no Estado do Mato Grosso, em 2008 e 2009. Os ensaios foram compostos por 19 genótipos com seis diferentes tipos de grãos. Foram obtidos dados de produtividade de grãos, reação à mancha angular, ciclo, tolerância ao acamamento e massa de cem grãos, e realizadas as análises de variância. Os dados de produtividade foram analisados quanto à estabilidade e adaptabilidade pelo método proposto por Annicchiarico. Foi observada interação GxA para todas as características avaliadas. A correlação entre a produtividade dos genótipos nas duas épocas de semeadura foi intermediária (0,48) ($p < 0,0375$), mostrando que o desempenho dos genótipos nessas épocas é razoavelmente coincidente. As cultivares BRS Estilo, de grãos carioca e BRS Esplendor e BRS Campeiro, de grãos pretos, reúnem alta adaptabilidade, estabilidade e produtividade de grãos nas épocas de semeadura da seca e do inverno em regiões de cerrado de baixa altitude no Estado do Mato Grosso.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, estabilidade, mancha angular, massa de cem grãos, acamamento, produtividade de grãos.

Environmental influence in common bean cultivars grown in Brazilian savannah with low altitude

Abstract

The goal of this work was to identify common bean genotypes with high yield adaptability and stability and verify the occurrence of the interaction genotype-environment (GxE) for important economic traits in some regions of Brazilian savannah with low altitude in the state of Mato Grosso. Twelve trials were conducted in a randomized complete block design with three replications during the dry and winter seasons of 2008 and 2009. Each trial was composed by 19 genotypes from six different grain types. Data of grain yield, angular leaf spot reaction, crop cycle, tolerance to lodging, and weight of 100 grains were used for analysis of variance. Grain yield data were also used for stability and adaptability analysis according to the methodology proposed by Annicchiarico. GxE interactions were observed for all evaluated traits. Correlation between genotype yields in the two growing seasons was intermediate (0.48, $p < 0.0375$) showing that genotype performance in these two growing seasons was fairly coincident. The carioca-type cultivar BRS Estilo and the black seeded cultivars BRS Esplendor and BRS Campeiro combine high adaptability, stability, and grain yield in the dry and winter growing seasons of some Brazilian savannah regions with low altitude in the state of Mato Grosso.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, stability, angular leaf spot, weight of 100 grains, lodging, grain yield.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, as principais regiões de cultivo de feijoeiro-comum no Brasil localizam-se em altitudes intermediárias, superiores a 600 m e, conseqüentemente, com temperaturas mais amenas. Mesmo em regiões de cerrado, como Goiás, Distrito Federal e parte de Minas Gerais, onde a temperatura é mais alta, as principais regiões de cultivo estão em altitudes superiores a 600 m.

Entretanto, nos últimos anos, em algumas regiões de cerrado de baixa altitude, a produção de feijão vem aumentando. Um exemplo é o Estado do Mato Grosso, onde houve aumento de 6,7 vezes na produção anual de feijão, que passou de 16288 toneladas, em 1998, para 109879 toneladas, em 2008, representando 3,9% das 2.791.000 toneladas produzidas no país (FEIJÃO, 2010). Com relação à área plantada, também houve aumento considerável, de 2,8 vezes, chegando hoje a 70.607 ha.

Outro aspecto que mostra a evolução da cultura no estado é o aumento na produtividade média, de 637 kg ha⁻¹ para 1556 kg ha⁻¹ no mesmo período, valor superior à média nacional (1223 kg ha⁻¹).

A produção de feijão no Estado do Mato Grosso está dividida em três épocas de semeadura: a época das águas, que representa apenas 4% da produção; a época de inverno, com irrigação, representando 28% da produção e com produtividade média de 2324 kg ha⁻¹; e a época da seca, que concentra 68% da produção, com produtividade média de 1358 kg ha⁻¹ (FEIJÃO, 2010). Essa distribuição entre as épocas é diferente quando comparada a outros Estados da Região Central do Brasil, como Goiás/Distrito Federal, que produzem juntos 266806 toneladas, distribuídas entre as épocas das águas (40%), de inverno (49%) e da seca (11%). Uma maneira de auxiliar a expansão da cultura em regiões de cerrado com baixa altitude é a utilização de novas cultivares que sejam adaptadas a tais condições ambientais, com diferentes tipos de grãos, maior potencial produtivo, resistência a doenças e outras características desejáveis.

Entre os diversos tipos de grãos de feijão comum consumidos no Brasil, merece destaque o tipo carioca, que representa 70% do mercado consumidor brasileiro, seguido pelo tipo preto, com aproximadamente 20% e os 10% restantes são distribuídos entre outros tipos, como rajado, roxo, rosinha e jalo (DEL PELOSO e MELO, 2005).

O feijoeiro-comum é cultivado em diferentes sistemas de cultivo e épocas de semeadura nas regiões de cerrado de baixa altitude e, conseqüentemente, a interação genótipos x ambientes (GxA) deve ser de grande relevância. A importância da interação GxA é comprovada em vários trabalhos realizados com essa cultura no Brasil, especialmente para produtividade de grãos (RAMALHO et al., 1998; MELO et al., 2007; GONÇALVES et al., 2009). Além da produtividade de grãos, outras características são essenciais para a aceitação de novas cultivares, como resistência a doenças, porte ereto, tolerância ao acamamento, tamanho dos grãos, entre outras (MELO et al., 2007). Assim, devem-se buscar alternativas para amenizar o efeito da interação genótipos x ambientes, e entre essas, merece destaque a identificação de cultivares de comportamento previsível e as responsivas à melhoria do ambiente, por meio de métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade que fornecem informações detalhadas sobre o comportamento das cultivares (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Estudos de estabilidade e adaptabilidade têm sido realizados com o feijoeiro-comum e têm auxiliado na indicação de cultivares com alta capacidade produtiva, estabilidade e adaptabilidade, para diversas regiões (MELO et al., 2007; PEREIRA et al., 2009) e estados do Brasil (OLIVEIRA et al., 2006; GONÇALVES et al., 2009; PERINA et al., 2010; RIBEIRO et al., 2009). Entre os inúmeros métodos de análise de estabilidade e adaptabilidade, o de ANNICCHIARICO (1992) avalia a estabilidade por meio do risco associado em relação à adoção das cultivares. Esse risco associado

refere-se à determinada probabilidade de uma cultivar produzir uma porcentagem a mais ou a menos do que a média dos ambientes. O método possibilita ainda o detalhamento dessa informação para ambientes favoráveis e desfavoráveis. Esse método tem sido utilizado em diversas culturas, como algodão (SILVA FILHO et al., 2008), arroz (SOARES et al., 2007) e milho (CARGNELUTTI FILHO et al., 2007), além do feijoeiro-comum (MELO et al., 2007; PEREIRA et al., 2009), mostrando facilidade de utilização e identificação dos genótipos mais estáveis e adaptados entre os mais produtivos. Entretanto, poucos estudos dessa natureza foram realizados com o feijoeiro-comum na Região Central do Brasil (PEREIRA et al., 2009) e não existem estudos específicos para regiões de cerrado com baixa altitude. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar genótipos de feijoeiro-comum com alta adaptabilidade e estabilidade de produção e verificar a ocorrência de interação genótipos x ambientes para caracteres de importância econômica em regiões de cerrado com baixa altitude.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram constituídos de 19 genótipos de feijoeiro-comum de diferentes tipos de grãos, sendo 18 cultivares e uma linhagem em pré-lançamento (Tabela 1). Os ensaios foram realizados em 2008 e 2009, em 12 ambientes no Estado do Mato Grosso, nas épocas da “seca” e do “inverno”, seguindo as normas do Ministério da Agricultura e Pecuária/Registro Nacional de Cultivares (BRASIL, 2006), em blocos casualizados com três repetições e parcelas de quatro linhas e quatro metros de comprimento. Os ambientes utilizados foram: Sinop, Tangará da Serra e Rondonópolis, na safra da seca/2008; Sinop, Tangará da Serra e Cáceres, na safra da seca/2009; Sorriso e Cáceres, na safra de inverno/2008; e Primavera do Leste, Campo Novo do Parecis, Tangará da Serra e Cáceres, na safra de inverno/2009.

Os dados de produtividade (kg ha⁻¹) foram coletados nas duas linhas centrais. Também foram realizadas avaliações para outras características de interesse agrônomo, como massa de cem grãos (M100), ciclo (número de dias da emergência a maturação fisiológica) (MAT), reação à mancha angular (MA), causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola* e tolerância ao acamamento (ACA). A reação à mancha angular e tolerância ao acamamento foram avaliadas por escalas de notas variando de 1 a 9, sendo 1 o fenótipo totalmente desejado e 9 o fenótipo totalmente indesejado (MELO, 2009). Essas características foram avaliadas em cada parcela nos ensaios, sempre que possível, dependendo da ocorrência ou não de doença e da disponibilidade de pessoal treinado nas épocas de avaliação mais indicadas para cada característica em cada local. Dessa forma, foram realizadas avaliações em três experimentos para ACA, cinco para MA e M100 e seis para MAT.

Tabela 1. Características dos genótipos de feijoeiro-comum avaliados em regiões de cerrado de baixa altitude⁽¹⁾

Cultivar	Instituição	Grupo Comercial	Massa de 100 grãos (g)	Arquitetura da planta
Jalo Precoce	Embrapa ⁽²⁾	Jalo	35	Semiereto
Iraí	Fepagro ⁽³⁾	Rajado	44	Semiereto
BRS Radiante	Embrapa	Rajado	44	Semiereto
BRS Vereda	Embrapa	Rosinha	26	Prostrado
BRS Timbó	Embrapa	Roxinho	19	Semiprostrado
BRS Pitanga	Embrapa	Roxinho	20	Semiereto
BRS Valente	Embrapa	Preto	22	Ereto
BRS Grafite	Embrapa	Preto	25	Semiereto
BRS 7762 Supremo	Embrapa	Preto	24	Ereto
BRS Campeiro	Embrapa	Preto	25	Ereto
BRS Esplendor	Embrapa	Preto	21	Ereto
Pérola	Embrapa	Carioca	27	Semiprostrado
BRS Pontal	Embrapa	Carioca	26	Prostrado
BRS Requite	Embrapa	Carioca	24	Semiprostrado
BRS Horizonte	Embrapa	Carioca	28	Ereto
BRS 9435 Cometa	Embrapa	Carioca	25	Ereto
BRSMG Majestoso	UFLA ⁽⁴⁾	Carioca	27	Semiprostrado
BRS Estilo	Embrapa	Carioca	26	Ereto
VC6	UFV	Carioca	26	Ereto

(¹)Adaptado de DEL PELOSO et al. (2009). (²)Embrapa Arroz e Feijão. (³)Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. (⁴)Cultivar obtida em convênio formado pelas instituições: Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Embrapa Arroz e Feijão e Epamig.

Foram feitas análises de variância dos dados de produtividade de cada ensaio, considerando o efeito de tratamentos como fixo. Em seguida, estimou-se a acurácia seletiva (REZENDE e DUARTE, 2007), medida de precisão experimental não influenciada pela média dos ambientes, ao contrário do coeficiente de variação. As expressões utilizadas foram:

$$AS = \left(1 - \frac{1}{F_c}\right)^{0,5}, \text{ se } F_c \geq 1; \text{ e}$$

$$AS = 0, \text{ se } F_c < 1,$$

em que F_c é o valor do teste F para cultivar.

Foram realizadas análises conjuntas dos ensaios para cada safra, considerando o efeito de ambientes como aleatórios e para as análises de estabilidade, foi adotado o método de ANNICCHIARICO (1992), e utilizado o teste de SCOTTKNOTT (1974) para comparação das médias. Em todas as análises utilizou-se o aplicativo Genes (CRUZ, 2001).

O método de ANNICCHIARICO (1992) baseia-se no chamado índice de recomendação genotípico (ω_i), que leva em conta a adaptabilidade e a estabilidade simultaneamente e é estimado por:

$$\omega_i = \hat{\mu}_i - z_{(1-\alpha)} \hat{\sigma}_{z_i}$$

considerando-se todos os ambientes, em que: $\hat{\mu}_i$ é a média porcentual do genótipo i ; $\hat{\sigma}_{z_i}$ é o desvio-padrão dos valores z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo; $z_{(1-\alpha)}$ é o percentil da função de distribuição normal padrão.

O índice leva em conta a adaptabilidade e a estabilidade simultaneamente, pois utiliza em seu cálculo a média porcentual de cada genótipo como parâmetro de adaptabilidade e os desvios de cada genótipo nos ambientes, como parâmetro de estabilidade.

O índice foi calculado também para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, definidos de acordo com a média de cada ambiente em relação à média geral. Foram considerados favoráveis os ambientes com média acima da média geral de todos os ambientes e desfavoráveis os ambientes com média abaixo da média geral de todos os ambientes. O coeficiente de confiança adotado foi de 75%, isto é, $\alpha=0,25$.

Também foi estimada a correlação de Pearson entre as médias dos genótipos nas épocas de semeadura da seca e do inverno.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficiente de variação para a produtividade de grãos nos ensaios variaram de 9% a 26%, com boa precisão experimental (Tabela 2), que foi confirmada pelas estimativas de acurácia seletiva, já que foram consideradas altas ou muito altas (acima de 0,7) para 10 experimentos,

Tabela 2. Informações geográficas dos locais e resumos das análises de variância individuais para produtividade de grãos dos 12 ensaios de feijoeiro-comum desenvolvidos nas épocas de semeadura da “seca” e do “inverno”, no Estado do Mato Grosso em 2008 e 2009

Local ⁽¹⁾	Alt ⁽²⁾	Lat. ⁽³⁾	Long. ⁽⁴⁾	QMg ⁽⁵⁾	QMe ⁽⁶⁾	F ⁽⁷⁾	Valor p ⁽⁸⁾	Média ⁽⁹⁾	CV ⁽¹⁰⁾	AS ⁽¹¹⁾
Seca/2008										
Sinop	345	11°51'	55°30'	110.483	30.367	3,64	0,001	1.067	16	0,85
Tangará da Serra	387	14°37'	57°29'	188.783	24.122	7,93	0,001	1.013	15	0,94
Rondonópolis	227	16°28'	54°38'	194.685	50.760	3,84	0,001	1.402	16	0,86
Seca/2009										
Tangará da Serra	387	14°37'	57°29'	103.314	39.969	2,59	0,008	942	21	0,78
Sinop	345	11°51'	55°30'	244.730	142.933	1,71	0,083	1.481	26	0,65
Cáceres	118	16°04'	57°40'	171.772	38.825	4,42	0,001	858	23	0,88
Inverno/2008										
Sorriso	365	12°32'	55°42'	348.097	63.624	5,47	0,001	2.086	12	0,90
Cáceres	118	16°04'	57°40'	217.970	81.228	2,68	0,006	1.829	16	0,79
Inverno/2009										
Primavera do Leste	465	15°33'	54°17'	170.082	132.186	1,29	0,253	2.119	17	0,47
Campo N. do Parecis	572	13°40'	57°53'	215.630	100.849	2,14	0,026	3.684	9	0,73
Cáceres	118	16°04'	57°40'	475.759	135.651	3,51	0,001	2.649	14	0,85
Tangará da Serra	387	14°37'	57°29'	309.842	71.229	4,35	0,001	1.915	14	0,88

(¹)Município; (²)Altitude (metros); (³)Latitude Sul; (⁴)Longitude Oeste; (⁵)Quadrado médio de genótipos; (⁶)Quadrado médio do erro; (⁷)Valor do teste F para genótipos; (⁸)Probabilidade; (⁹)Média geral do ensaio (kg ha⁻¹); (¹⁰)Coeficiente de variação (%); (¹¹)Acurácia seletiva.

Tabela 3. Resumo das análises conjuntas de variância para as características avaliadas nos ensaios de feijoeiro-comum, nas épocas de semeadura da “seca” e do “inverno”, em 2008 e 2009, em regiões de cerrado de baixa altitude

Fontes de Variação	Maturação			Massa de cem grãos			Mancha angular			Acamamento			Produtividade		
	GL ⁽¹⁾	QM ⁽²⁾	P ⁽³⁾	GL	QM	P	GL	QM	P	GL	QM	P	GL	QM	P
Repet./Ambientes	12	16,0	-	10	4,0	-	10	2,5	-	6	1,8	-	24	112.923	-
Ambientes (A)	5	395,0	0,001	4	496,0	0,001	4	4,6	0,001	2	16,8	0,001	11	38.782.113	0,001
Genótipos (G)	18	2072,0	0,001	18	243,0	0,001	18	90,8	0,009	18	56,3	0,001	18	687.032	0,001
G X A	90	38,0	0,001	72	10,0	0,001	72	2,0	0,001	36	5,9	0,001	198	187.647	0,001
Resíduo	216	9,0	-	180	3,0	-	180	0,9	-	108	1,5	-	432	75.979	-
Total	341	-	-	284	-	-	284	-	-	170	-	-	683	-	-
Média		86,0			23,0			4,4			3,7			1.753	
CV (%)		3,4			7,8			21,6			32,5			15,7	

(¹)Graus de liberdade; (²)Quadrado Médio; (³)Probabilidade.

moderadas (de 0,5 a 0,7) para um e baixas (abaixo de 0,5) para outro experimento (CARGNELUTTI FILHO e STORCK, 2009). A produtividade média nos ensaios variou de 852 kg ha⁻¹ a 3684 kg ha⁻¹, indicando grande variação ambiental. Esses valores podem ser confirmados observando-se os dados geográficos dos locais de avaliação que mostram altitude variando de 118 a 572 metros, latitude variando de 11°51' a 16°24' e longitude variando de 54°17' a 57°40'. A produtividade alcançada na época da seca variou de 852 a 1481 kg ha⁻¹ enquanto na época de inverno variou de 1829 a 3684 kg ha⁻¹, mostrando que as maiores produtividades são alcançadas na época de inverno (FEIJÃO, 2010). Houve diferença significativa entre genótipos em todos os experimentos, mostrando que existe variabilidade genética entre os genótipos.

Nas análises conjuntas para ciclo, produtividade, massa de cem grãos, reação à mancha angular e tolerância ao acamamento, observam-se diferenças entre genótipos,

entre ambientes e também a presença da interação GxA, o que significa que existe resposta diferencial dos genótipos aos ambientes (Tabela 3). No caso de reação à mancha angular, na interação, observa-se que podem ocorrer raças diferentes do patógeno nos locais (PEREIRA et al., 2004; SILVA et al., 2006), pois esse patógeno possui ampla variabilidade patogênica (SATORATO, 2002; SILVA et al., 2008).

O ciclo das cultivares é uma característica de grande importância, pois cultivares de ciclo mais curto permitem maior flexibilidade aos produtores no planejamento da sucessão de culturas. As cultivares BRS Radiante, Iraí e Jalo Precoce foram as mais precoces, com ciclos médios próximos a 77 dias (Tabela 4). DEL PELOSO et al. (2009) afirmam que essas cultivares estão entre as mais precoces disponíveis atualmente, com ciclos médios próximos a 70 dias. Nas cultivares BRS 9435 Cometa e BRS Campeiro, consideradas semiprecoces, as médias variaram de 82 a 84 dias, corroborando

Tabela 4. Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹), ciclo (MAT, dias), massa de cem grãos (M100, g), mancha angular (MA, %) e acamamento (ACA, %), dos 19 genótipos de feijoeiro-comum avaliados em doze ensaios desenvolvidos em cerrado de baixa altitude, em 2008 e 2009

Genótipo	Produtividade								MAT	M100	MA	ACA					
	Geral ⁽¹⁾	C ⁽²⁾	Inverno	C	Seca	C	C										
BRS Esplendor	1.986	a	1	2.675	a	1	1.297	a	2	84,0	b	17,5	f	4,4	b	3,2	b
BRS Campeiro	1.945	a	2	2.539	a	4	1.351	a	1	82,0	b	22,6	c	5,3	c	2,6	b
BRS Estilo	1.920	a	3	2.576	a	3	1.264	a	4	87,0	d	21,9	d	4,6	b	3,1	b
BRS Pontal	1.880	a	4	2.501	a	7	1.259	a	5	89,0	d	20,4	e	4,3	a	6,3	d
BRSMG Majestoso	1.857	b	5	2.662	a	2	1.053	c	16	89,0	d	23,2	c	3,9	a	5,4	d
BRS 7762 Supremo	1.835	b	6	2.528	a	5	1.142	b	10	85,0	c	19,9	e	3,9	a	2,1	a
VC 6	1.822	b	7	2.511	a	6	1.132	b	11	89,5	e	22,6	c	4,1	a	4,6	c
BRS Valente	1.809	b	8	2.472	a	8	1.146	b	9	89,0	d	19,9	e	4,0	a	4,1	c
BRS Grafite	1.794	b	9	2.304	b	12	1.285	a	3	90,0	e	23,0	c	3,7	a	3,9	c
Perola	1.763	b	10	2.429	a	9	1.097	c	12	90,0	e	23,1	c	4,1	a	4,8	c
BRS 9435 Cometa	1.739	c	11	2.327	b	11	1.151	b	8	84,0	b	21,3	d	4,9	b	4,3	c
BRS Horizonte	1.692	c	12	2.165	c	17	1.220	a	6	85,0	c	23,5	c	5,7	c	2,8	b
BRS Vereda	1.685	c	13	2.199	c	15	1.171	b	7	90,0	e	19,5	e	3,9	a	5,2	d
Jalo precoce	1.674	c	14	2.283	b	13	1.065	c	15	76,0	a	36,0	a	4,5	b	1,7	a
BRS Pitanga	1.671	c	15	2.272	b	14	1.070	c	14	86,0	c	17,9	f	4,9	b	3,0	b
Iraí	1.639	c	16	2.362	b	10	916	d	17	77,0	a	35,7	a	4,5	b	2,2	a
BRS Requite	1.589	d	17	2.098	c	19	1.080	c	13	89,0	d	18,9	f	4,7	b	4,8	c
BRS Radiante	1.543	d	18	2.186	c	16	900	d	18	77,0	a	34,4	b	4,5	b	1,7	a
BRS Timbo	1.478	d	19	2.140	c	18	817	d	19	90,0	e	18,7	f	3,6	a	4,9	c

(¹)Médias seguidas da mesma letra são iguais (Scott-Knott, $\alpha=0,10$); (²)Classificação dos genótipos.

o relatado pelos autores citados anteriormente (DEL PELOSO et al., 2009). A BRS Esplendor também esteve nesse grupo, embora normalmente seja classificada como de ciclo normal (85 a 94 dias). Nas demais cultivares, as médias variaram de 85 a 90 dias. Entre essas, BRS Vereda e BRS Grafite com 90 dias de ciclo médio, mesmo sendo classificadas normalmente como tardias, com ciclos acima de 95 dias.

O tamanho dos grãos, indicado pela massa de cem grãos (M100), varia de acordo com a cultivar, sendo uma característica muito influenciada pelo ambiente e de grande importância para o mercado consumidor (CARBONELL et al., 2010; PERINA et al., 2010). A M100 preferida pelo mercado varia de acordo com o tipo de grão, e para os grãos do tipo carioca são preferidos grãos com massa acima de 25 g/100 sementes. A estimativa da média de M100 dos genótipos nos ambientes estudados foi inferior ao que é relatado na literatura (Tabela 4) (DEL PELOSO et al., 2009). Entretanto, é importante mencionar que nesses ensaios não foi realizado controle químico de doenças e que metade dos ensaios foi desenvolvido em época de seca, o que certamente contribuiu para reduzir o tamanho dos grãos. Como exemplo, pode-se citar o caso da cultivar Pérola, padrão atual para tamanho de grãos. Em condições normais, a estimativa da M100 dessa cultivar é em torno de 27 g, valor mais elevado do que o observado no presente estudo (23,1 g). Considerando os genótipos de grão tipo carioca, a M100 variou de 18,9 g (BRS Requite) a 23,5 g

(BRS Horizonte). Essa variação também ocorreu com os grãos do tipo preto, de 17,5 g para a BRS Esplendor até 23,0 g para a BRS Grafite. As cultivares de grãos do tipo rajado e jalo são aquelas com maior M100, 34,4 g para a BRS Radiante, 35,7 g para a Iraí e 36,0 g para a Jalo Precoce. Já nas do tipo rosinha e roxinho os grãos são de tamanho pequeno, ou seja, BRS Pitanga (17,9 g), BRS Timbó (18,7 g) e BRS Vereda (19,5 g).

Para a reação à mancha angular, as notas médias variaram de 3,6 a 5,7 e os genótipos mais suscetíveis foram BRS Campeiro (5,3) e BRS Horizonte (5,7) (Tabela 4). Segundo DEL PELOSO et al. (2009), esses genótipos são suscetíveis à mancha angular, sendo BRS Horizonte, a cultivar mais sensível. Entre as cultivares avaliadas neste trabalho, nove obtiveram notas variando de 3,6 a 4,3 e formaram o grupo mais resistente pelo teste de agrupamento. Segundo os autores citados anteriormente, entre essas cultivares, apenas BRSMG Majestoso (3,9), Pérola (3,7), BRS Vereda (3,9) e BRS Timbó (3,6) tiveram algum nível de tolerância à mancha angular. Embora BRS Pitanga e BRS Radiante também sejam consideradas tolerantes pelos autores citados, no presente trabalho obtiveram notas 4,9 e 4,5 respectivamente, ficando entre as cultivares suscetíveis. Esse fato reforça a ocorrência da interação genótipos x ambientes, visto que, em média, essas cultivares possuem alguma resistência a essa doença. Vale ressaltar que a reação à mancha angular informada por DEL PELOSO et al. (2009) é obtida com médias em várias regiões de cultivo.

A resistência ao acamamento tem grande importância, pois reduz as perdas durante a colheita mecânica e evita que as vagens fiquem em contato com o solo e, conseqüentemente, a deterioração da qualidade comercial dos grãos. Os genótipos mais tolerantes ao acamamento foram BRS Estilo e BRS Horizonte, do grupo carioca; BRS 7762 Supremo, BRS Esplendor e BRS Campeiro, do grupo preto; BRS Radiante, Iraí e Jalo Precoce, dos grupos rajado e jalo; e BRS Pitanga, do grupo roxo (Tabela 4). Esses resultados foram semelhantes aos relatados por MELO et al. (2007). Todas essas cultivares tem arquitetura de planta ereta ou semiereta, o que favorece a maior tolerância ao acamamento. Já as cultivares com pior desempenho, BRS Pontal, BRSMG Majestoso e BRS Vereda, têm arquitetura semiprostrada ou prostrada.

A correlação entre as médias de produtividade dos genótipos nas duas épocas de semeadura foi intermediária (0,48, $p < 0,0375$), pois o desempenho dos genótipos nessas épocas foi razoavelmente coincidente. RAMALHO et al. (1998) verificaram a presença de interação genótipos x épocas, trabalhando com essas mesmas épocas em Minas Gerais. Outros trabalhos foram realizados comparando épocas de semeadura em outros Estados, como o de PEREIRA et al. (2011), que verificaram grande importância de interação genótipos x épocas, com as épocas das águas e do inverno, em Goiás e Distrito Federal, que são tipicamente regiões de cerrado com altitudes intermediárias (600 a 1200 m). Já nos Estados do Paraná e Santa Catarina, em regiões com altitude variando de 700 a 1000 m, a interação genótipos x épocas foi de pequena

importância para as épocas da seca e das águas (PEREIRA et al., 2010). Esses resultados e os obtidos no neste trabalho confirmam que a diferença entre as épocas de semeadura, quanto à classificação dos genótipos, varia com a região de estudo.

No presente trabalho os locais utilizados nas duas épocas foram diferentes, e por esse motivo, optou-se somente pelo cálculo da correlação, para comparar o desempenho dos genótipos nas épocas. Entretanto, é importante mencionar que, embora a correlação tenha sido intermediária, foi possível identificar genótipos de ótimo desempenho para a produtividade de grãos nas duas épocas em conjunto e também em cada uma isoladamente: BRS Esplendor e BRS Campeiro, de grãos tipo preto, e BRS Estilo e BRS Pontal, de grãos tipo carioca (Tabela 4).

A análise de estabilidade e adaptabilidade para produtividade de grãos pelo método de ANNICCHIARICO (1992) para todos os ambientes juntos identificou cinco genótipos com W_i superior a 100%. Esse valor indica que tais genótipos têm 75% de probabilidade de produzir acima da média do ambiente. Entre esses se destacaram BRS Pontal (104,2%), BRS Estilo (106,5%), BRS Esplendor (110,0%) e BRS Campeiro (110,8%), que devem produzir 4,2%, 6,5%, 10,0% e 10,8% respectivamente, acima da média (Tabela 5).

O método de ANNICCHIARICO (1992) propicia também o cálculo do índice W_i para os ambientes favoráveis e desfavoráveis, que são definidos de acordo com a média de cada ambiente em relação à média geral. Confirmando as afirmações de que ocorre menor produção de grãos na

Tabela 5. Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de 19 genótipos de feijoeiro-comum avaliados em cerrado de baixa altitude, pelos métodos Annicchiarico (1992) (W_i - Índice de recomendação), com decomposição em ambientes favoráveis (W_{if}) e desfavoráveis (W_{id})

Genótipo	Média ⁽¹⁾	Annicchiarico					
		W_i	C ⁽²⁾	W_{id}	C	W_{if}	C
BRS Esplendor	1.986 a	110,0	2	109,8	2	110,2	1
BRS Campeiro	1.945 a	110,8	1	118,2	1	104,5	5
BRS Estilo	1.920 a	106,5	3	107,5	3	105,9	3
BRS Pontal	1.880 a	104,2	4	107,2	4	101,1	7
BRSMG Majestoso	1.857 b	98,8	7	90,4	14	108,6	2
BRS 7762 Supremo	1.835 b	101,8	5	98,4	8	105,5	4
VC 6	1.822 b	99,5	6	97,0	9	102,0	6
BRS Valente	1.809 b	97,1	9	94,5	10	99,5	9
BRS Grafite	1.794 b	97,9	8	104,0	6	92,4	12
Perola	1.763 b	97,0	10	93,3	11	101,1	8
BRS 9435 Cometa	1.739 c	91,3	15	89,8	15	93,7	11
BRS Horizonte	1.693 c	95,8	11	105,6	5	88,3	16
BRS Vereda	1.685 c	94,1	12	100,0	7	88,3	17
Jalo precoce	1.674 c	92,4	14	92,5	12	91,9	13
BRS Pitanga	1.671 c	93,0	13	92,0	13	93,7	10
Iraí	1.639 c	82,5	17	74,5	18	90,9	14
BRS Requite	1.589 d	87,8	16	89,5	16	86,1	19
BRS Radiante	1.543 d	82,0	18	76,0	17	88,5	15
BRS Timbó	1.478 d	76,8	19	68,1	19	87,9	18

(¹)Médias seguidas da mesma letra são iguais (Scott-Knott, $\alpha=0,10$); (²)Classificação dos genótipos quanto à estabilidade.

época da seca em relação à época do inverno, os ambientes considerados desfavoráveis pelo método foram os seis ensaios da época da seca, enquanto os favoráveis foram os seis do inverno. Dessa forma, a estimativa de W_{id} reflete a adaptação e estabilidade dos genótipos à época da seca e o W_{if} reflete a adaptação e estabilidade à época do inverno. Considerando os ambientes desfavoráveis, seis cultivares tiveram boa adaptação e estabilidade, com W_{id} acima de 100%. Entre essas merece destaque BRS Campeiro, com $W_{id}=118,2$, a qual deve produzir 18,2% a mais do que a média. Outras três cultivares, BRS Esplendor (109,8%), BRS Estilo (107,5%) e BRS Pontal (107,2%), tiveram bom desempenho. Já para os ambientes favoráveis, no caso a época de inverno, oito genótipos tiveram W_{if} acima de 100% e entre esses, cinco se destacaram: BRS Esplendor (110,2%), BRSMG Majestoso (108,6%), BRS Estilo (105,9%), BRS 7762 Supremo (105,5%) e BRS Campeiro (104,5%).

Entre as cultivares avaliadas, algumas revelaram adaptabilidade e estabilidade específica a um tipo de ambiente, como a BRS Grafite ($W_{id}=104,0\%$ e $W_{if}=92,4\%$) e a BRS Horizonte ($W_{id}=105,6\%$ e $W_{if}=88,3\%$), para ambientes desfavoráveis (seca) (Tabela 5). Outras cultivares foram adaptadas e estáveis aos ambientes favoráveis (inverno), como BRS 7762 Supremo, VC6, Pérola e BRSMG Majestoso, que foi a segunda melhor nesse tipo de ambiente e décima quarta nos ambientes desfavoráveis ($W_{if}=108,6\%$ e $W_{id}=90,4\%$).

Uma maneira de confirmar a adaptação ampla das cultivares é observar, além do W_i , se as cultivares tiveram W_{if} e W_{id} superiores a 100%. Entre as quatro cultivares de maior W_i constatou-se que em BRS Esplendor e BRS Campeiro, ambas de grãos tipo preto, e em BRS Estilo, de grãos tipo carioca, as estimativas foram superiores a 104,0%, sendo, portanto indicadas para utilização em qualquer tipo de ambiente. Além disso, esses genótipos estão no grupo de maior média geral e de cada época de semeadura (Tabela 4).

Em trabalho realizado na Região Central do Brasil, nos Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Distrito Federal e Tocantins, BRS Estilo foi considerado o genótipo mais estável e adaptado entre os 16 avaliados (PEREIRA et al., 2009). Entretanto, apenas cinco dos 45 ensaios utilizados tinham sido desenvolvidos no Mato Grosso. A cultivar BRS Campeiro foi identificada como altamente estável e adaptada ao cultivo nas épocas das águas e da seca, na Região Centro-Sul do Brasil (São Paulo, Paraná e Santa Catarina) em trabalho realizado por MELO et al. (2007), com 22 ensaios.

4. CONCLUSÃO

A interação genótipos x ambientes afeta características de importância econômica para a cultura do feijoeiro-comum

em regiões de cerrado de baixa altitude, como produtividade de grãos, ciclo, massa de em grãos, reação à mancha angular e tolerância ao acamamento. As cultivares BRS Estilo, de grãos tipo carioca, BRS Campeiro e BRS Esplendor, de grãos tipo preto, possuem alta adaptabilidade e estabilidade de produção nas épocas de semeadura da seca e do inverno em regiões de cerrado com baixa altitude do Estado do Mato Grosso.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Arroz e Feijão, à Empresa Matogrossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (Empaer-MT) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (Fapemat), pelo financiamento do trabalho. Ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico ao primeiro e terceiro autores.

REFERÊNCIAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, v.46, p.269-278, 1992.
- BRASIL. Anexo I. Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para a inscrição no registro nacional de cultivares - RNC. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 jun. 2006. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=11376>>. Acesso em: 10/11/2008.
- CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural*, v.40, p.2067-2073, 2010.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E.B.; GUADAGNIN, J.P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, v.66, p.571-578, 2007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.111-117, 2009.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística: versão Windows. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- DEL PELOSO, M.J.; MELO, L.C.; PEREIRA, H.S.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; WENDLAND, A. Cultivares de feijoeiro comum desenvolvidas pela Embrapa. In: A. L. FANCELI (Ed.). Feijão: Tópicos especiais de manejo. 2.ed. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2009. p.23-40.

DEL PELOSO, M.J.; MELO, L.C. Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 131p.

FEIJÃO: dados conjunturais do feijão (área, produção e rendimento) - Brasil - 1985 a 2008. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 20/11/2010.

GONÇALVES, J.G.R.; CHIORATO, A.F.; PERINA, E.F.; CARBONELL, S.A.M. Estabilidade fenotípica em feijoeiro estimada por análise ammi com genótipo suplementar. *Bragantia*, v.68, p.863-871, 2009.

MELO, L.C.; SANTOS, P.G.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.715-723, 2007.

MELO, L.C. (Ed.) Procedimentos para condução de ensaios de valor de cultivo e uso em feijoeiro-comum. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. 104p. (Embrapa Arroz e Feijão, Série Documentos, 239)

OLIVEIRA, G.V.; CARNEIRO, P.C.S.; CARNEIRO, J.E. S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.257-265, 2006.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; 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*, v.44, p.29-37, 2009.

PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; DÍAZ, J.L.C.; WENDLAND, A. Indicação de cultivares de feijoeiro-comum baseada na avaliação conjunta de diferentes épocas de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.571-578, 2010.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; WENDLAND, A. Complex interaction between genotypes and growing seasons of carioca common bean in Goiás/Distrito Federal. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.10, p.207-215, 2011.

PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; Carbonell, S.A.M. Avaliação de estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da performance genotípica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.34, p.398-406, 2010.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, P.S.J. Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v.22, p.176-181, 1998.

REZENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, p.182-194, 2007.

RIBEIRO, N.D.; SOUZA, J.F.; ANTUNES, I.F.; POERSCH, N.L. Estabilidade de produção de cultivares de feijão de diferentes grupos comerciais no Estado do Rio Grande do Sul. *Bragantia*, v.68, p.339-346, 2009.

SARTORATO, A. Identification of *phaeoisariopsis griseola* pathotypes from five states in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v.27, p.78-81, 2002.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, v.30, p. 507-512, 1974.

SILVA, M.G.M.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B. Seleção de famílias de feijoeiro resistentes a antracnose e a mancha angular. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, p.1499-1506, 2006.

SILVA, K.J.D.; SOUZA, E.A.; SARTORATO, A.; FREIRE, C.N.S. Pathogenic variability of isolates of *Pseudocercospora griseola*, the cause of common bean angular leaf spot, and its implications for resistance breeding. *Journal of Phytopathology*, v.156, p.602-606, 2008.

SILVA FILHO, J.L.; MORELLO, C.L.; FARIAS, F.J.C.; LAMAS, F.M.; PEDROSA, M.B.; RIBEIRO, J.L. Comparação de métodos para avaliar a adaptabilidade e estabilidade produtiva em algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.349-355, 2008.

SOARES, A.A.; REIS, M.S.; CORNÉLIO, V.M.O.; SOARES, P.C.; VIEIRA, A.R.; SOUZA, M.A. Stability of upland rice lines in Minas Gerais, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.7, p.394-398, 2007.