

Adaptabilidade e estabilidade da produção de grão em feijão comum (*Phaseolus vulgaris*)

Adaptability and stability of grain production in common bean (*Phaseolus vulgaris*)

Taynar Tavares, Sérgio Sousa, Fabricio Salgados, Gil Santos, Marília Lopes e Rodrigo Fidelis*

Departamento da Pós Graduação em Produção Vegetal (UFT), Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Brasil

(*E-mail: fidelisrr@uft.edu.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA16058>

Recebido/received: 2016.05.30

Recebido em versão revista/received in revised version: 2016.10.28

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grão de feijão comum, cultivados em seis ambientes, no sul do Estado do Tocantins, Brasil. Os ensaios foram conduzidos com um delineamento estatístico em blocos ao acaso, com quatro repetições, em três entressafras. Para a realização das análises de adaptabilidade e estabilidade utilizaram-se as cultivares IAC-Una, BRS-Esplendor, Princesa, IPR-Colibri, IAC-Centauro e Safira. Os métodos utilizados para avaliar a adaptabilidade e estabilidade foram Eberhart e Russell, Centróide e Annicchiarico. Concluiu-se que as metodologias do Centróide, Annicchiarico e Eberhart e Russell, com base na produtividade de grãos tornaram possível a identificação de cultivares promissoras para ambientes de condições gerais e específicas (favoráveis e desfavoráveis). As cultivares IAC Centauro, IAC Una e Princesa são indicadas para ambientes de condições gerais por serem produtivas, com ampla adaptabilidade e estáveis na entressafra.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L., interação cultivar × ambiente, melhoramento.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the grain productivity stability and adaptability of common bean cultivars, cultivated in six environments, in the south of the Tocantins State (Brazil). The experiments were conducted during the intercropping dry season of three consecutive years, with randomized blocks and four repetitions. Six cultivars of common bean, IAC-Una, BRS-Esplendor, Princesa, IPR-Colibri, IAC-Centauro and Safira were studied. The Eberhart and Russell, Centroid and Annicchiarico methods were used to evaluate the stability and adaptability of the grain productivity. It was concluded that all the methodologies allowed identifying cultivars for environments of general and specific conditions (favorable and unfavorable). The common bean cultivars IAC Centauro, IAC Una and Princesa are suitable for general environmental conditions, considering their productivity, wide adaptability and stability in the off season.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., cultivar interaction × environment, improvement.

INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) é cultivado pela maioria dos Estados brasileiros, nas diversas condições edafoclimáticas, em diferentes níveis tecnológicos, épocas de plantio e sistemas de cultivo. A identificação de genótipos mais promissores em diversos ambientes é uma das etapas fundamentais em um programa de melhoramento genético de plantas (Prado *et al.*, 2001; Cruz *et al.*,

2012), já que determinados genótipos podem apresentar comportamentos diferenciados nos variados ambientes. Segundo Borém e Miranda (2013) a mudança no desempenho relativo dos genótipos, está associada diretamente com as diferenças de ambientes, denominando assim interação genótipos e ambientes, tornando de grande relevância para o melhorador, principalmente, com a existência da interação.

Cruz *et al.* (2012) relatam que a presença da interação está associada a dois fatores: o primeiro denominado natureza simples o qual é proporcionado pela diferença entre genótipos, podendo a recomendação ser feita de forma generalizada; o segundo denominado complexo é dado pela falta de correlação entre os genótipos, existindo assim a possibilidade de um genótipo ser melhor em um ambiente do que noutro. Desta forma, torna-se mais difícil a seleção e recomendação, sendo necessárias as análises de adaptabilidade e estabilidade para indicação de cultivares de acordo com cada ambiente.

Diversos são os métodos usados para estimar a adaptabilidade e estabilidade das cultivares. Entre eles o método tradicional proposto por Eberhart e Russell (1966) que se baseia na regressão linear simples, é a metodologia mais empregada nos estudos desses parâmetros nas principais culturas como feijão (Buratto *et al.*, 2007; Ribeiro *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2009a,b; Domingues *et al.*, 2013), arroz (Ramos *et al.*, 2011), soja (Peluzio *et al.*, 2008; Polizel *et al.*, 2013) e milho (Cancellier *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2013). De acordo com Eberhart e Russell (1966), o genótipo ideal é aquele que apresenta produtividade média elevada, adaptabilidade ampla e desempenho altamente previsível.

Outra metodologia que usualmente tem sido utilizada é a descrita por Annicchiarico (1992), que também fornece informações sobre os genótipos estáveis entre os mais produtivos (Pereira *et al.*, 2012).

O método centróide é outra opção para analisar a adaptabilidade das cultivares, pois baseia-se na comparação da resposta individual das cultivares com a resposta de quatro cultivares ideais, observando a máxima ou mínima resposta em relação ao conjunto de dados avaliados, representando os genótipos de máxima adaptabilidade geral, adaptabilidade específica (favoráveis ou desfavoráveis), além de identificar os de mínima adaptabilidade (Rocha *et al.*, 2005).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a adaptabilidade e estabilidade da produtividade de grão de feijão comum, cultivados em seis ambientes, no sul do Estado do Tocantins através das metodologias de Eberhart e Russell, Centróide e Annicchiarico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na área experimental da Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Gurupi, no período de entressafra, com plantio em 12/06/2010, 21/06/2011 e 02/07/2012, em Latossolo Vermelho - Amarelo distrófico, textura média (Embrapa, 2013). O município de Gurupi localiza-se na região sul do Estado do Tocantins, 11°43'45" latitude sul e 49°04'07" longitude oeste, 280 m altitude.

Para a realização do estudo utilizaram-se os dados da produtividade de grão de seis cultivares de feijão comum em seis ambientes. As cultivares utilizadas foram BRS Esplendor e IAC Una, com grão do tipo grão preto, IPR Colibri e Princesa, do tipo carioca, IAC Centauro, do tipo mulatinho e Safira, do tipo roxinho.

O preparo do solo foi semelhante para todos os experimentos, consistindo de aração e gradagens. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas 0,45 m entre fileiras com densidade de 12 sementes por metro linear. Como área útil foram utilizadas as duas linhas centrais desprezando-se 0,50 m das extremidades de cada linha e eliminando as duas linhas laterais, sendo o total da área útil de 2,7 m².

Os dados da análise química e física das amostras de solo coletadas à profundidade de 0-20 cm antes da instalação do experimento dos seis ambientes cultivados no Campus de Gurupi da Universidade Federal do Tocantins estão apresentados no Quadro 1. Os ambientes foram definidos de acordo com a adubação aplicada e ano de cultivo (Quadro 2).

O controle de plantas daninhas e pragas foi realizado com produtos químicos de acordo com o recomendado para a cultura. Embora, as doenças estivessem presentes nos experimentos, observou-se baixa incidência durante todo o desenvolvimento da cultura. A irrigação foi realizada de acordo com as necessidades da cultura e seguindo a recomendação para Santo Antônio de Goiás - GO (Curi e Campelo Júnior, 2001). Utilizou-se um sistema por aspersão convencional com turno de

Quadro 1 - Resultados da análise química e física do solo das amostras coletadas a profundidade 0-20 cm, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins - campus de Gurupi, entressafra de 2010, 2011 e 2012

Amostras	P	K	Ca+Mg	H+Al	Al	V	M.O	pH	Areia	Silte	Argila
	Mehlich	cmol dm ⁻³		cmoldm ⁻³		(%)		CaCl ₂		g kg ⁻¹	
Gurupi I	1,1	0,1	5,0	4,7	0,0	52,0	2,9	4,6	735,2	57,2	207,6
Gurupi II	15,6	0,1	1,6	1,3	0,0	56,6	4,7	4,5	735,2	57,2	207,6
Gurupi III	9,9	0,08	1,4	0,23	0,0	88,2	1,1	5,3	735,2	57,2	207,6
Gurupi IV	1,1	0,1	5,0	4,7	0,0	52,0	2,0	4,6	651,9	123,9	224,3
Gurupi V	17,9	0,1	1,9	1,7	0,0	54,0	5,1	4,7	651,9	23,9	224,3
Gurupi VI	11,1	0,08	1,5	1,0	0,0	61,5	1,3	5,5	651,9	123,9	224,3

Quadro 2 - Valores da adubação aplicada de fósforo, potássio e nitrogênio nos seis ambientes, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins- campus de Gurupi, nas entressafras de 2010, 2011 e 2012

Ambiente (ano)	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Gurupi I (2010)	120,7 kg. ha ⁻¹	50 kg. ha ⁻¹	120 kg. ha ⁻¹
Gurupi II (2011)	113,9 kg. ha ⁻¹	60 kg. ha ⁻¹	120 kg. ha ⁻¹
Gurupi III (2012)	114,92 kg. ha ⁻¹	60 kg. ha ⁻¹	120 kg. ha ⁻¹
Gurupi IV (2010)	120,7 kg. ha ⁻¹	50 kg. ha ⁻¹	21,4 kg. ha ⁻¹
Gurupi V (2011)	113,9 kg. ha ⁻¹	60 kg. ha ⁻¹	20,1 kg. ha ⁻¹
Gurupi VI (2012)	114,92 kg. ha ⁻¹	60 kg. ha ⁻¹	20,2 kg. ha ⁻¹

rega de dois dias, tendo um período de funcionamento de duas horas. A vazão dos aspersores utilizados com pressão na base de 20 mca propiciou uma lâmina d'água de 5,2 mm/hora.

Os dados de produtividade de grão (kg.ha⁻¹) foram submetidos à análise de variância individual e, posteriormente, a análise conjunta, considerando o efeito das cultivares como fixos e os demais como aleatórios. Na análise conjunta, verificou-se a existência da homogeneidade das variâncias residuais dos experimentos obtidas pela razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo dos experimentos (4,57), inferior ao valor 7,0, indicado por Pimentel-Gomes (2000) como limite para considerar as variâncias residuais homogêneas.

As estimativas da parte complexa da interação foram obtidas por meio da metodologia proposta por Cruz e Castoldi (1991), em que a parte complexa é expressa por:

$$C = \sqrt{(1 - r)^3 Q1Q2}$$

Onde:

Q1= maior quadrado médio entre genótipos nos dois locais;

Q2 = menor quadrado médio entre genótipos nos dois locais;

r = coeficiente de correlação simples entre genótipos nos dois locais.

A decomposição da interação em partes complexa foi realizada em pares de ambientes sendo considerados locais divergentes aqueles que apresentaram percentagem da interação complexa acima de 50%, sendo a análise efetuada por meio do programa Genes (Cruz, 2006). Após a verificação da existência da interação do tipo complexa, os dados foram submetidos às análises de adaptabilidade e estabilidade para melhor seleção e recomendação das cultivares.

A análise de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foi realizada pelas metodologias de

Annicchiarico (1992), Centróide (Rocha *et al.*, 2005) e Eberhart e Russell (1966) com o auxílio do Programa Genes (Cruz, 2006).

a) Método de Annicchiarico (1992): baseia-se no índice de confiança genotípico, estimado por: $W_{i(g)} = \hat{u}_{(g)} - Z_{(1-\alpha)} \alpha_{z.1(r)}$ em que $\hat{u}_{(g)}$ é a média porcentual das cultivares. b) Método de Centróide (Rocha *et al.*, 2005): consiste na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro (I, II, III e IV) referências ideais (ideótipos), uma vez que os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis, segundo o índice ambiental proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

c) Método de Eberhart e Russell (1966): fundamenta-se na análise de regressão linear simples, sendo que a adaptabilidade é fornecida pela estimativa do parâmetro de coeficiente de regressão (β_{1i}) e pela produtividade média (β_{0i}). Enquanto que, a estabilidade pela variância dos desvios da regressão ($\alpha^2 di$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se no Quadro 3 o resumo da análise de variância conjunta para a característica produtividade de grão (kg.ha⁻¹). Detectou-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F para ambientes e para a interação cultivares versus ambientes, indicando assim que o grupo de cultivares estudado apresentou comportamento diferenciado em, pelo menos, um dos ambientes analisados. Diversos estudos com o feijoeiro comum têm relatado a existência da interação genótipos \times ambientes (Oliveira *et al.*, 2006; Buratto *et al.*, 2007; Perina *et al.*, 2010; Rocha *et al.*, 2010; Pereira *et al.*, 2012; Domingues *et al.*, 2013), sendo utilizados nesses trabalhos metodologias de adaptabilidade e estabilidade para facilitar a indicação de genótipos de acordo com as condições específicas de cada ambiente. Evidencia-se que a média geral de produtividade de grão para todos os ambientes foi de 1.614 kg ha⁻¹ (Quadro 4), sendo superior à média nacional de produtividade que é de 1.118 kg.ha⁻¹ (Conab, 2014). Rocha *et al.* (2010) estudando um grupo de 20 genótipos de feijão comum, no Estado do Paraná, encontraram uma média geral de produtividade de grão de 1.442 kg.ha⁻¹. Resultados semelhantes a este trabalho também foram observados

por diversos autores (Buratto *et al.*, 2007; Pereira *et al.*, 2012; Domingues *et al.*, 2013). Estudos realizados por Ribeiro *et al.* (2008) no Estado do Rio Grande do Sul, Pereira *et al.* (2009b) nos Estado de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e no Distrito Federal e por Oliveira *et al.* (2006) no Estado de Minas Gerais encontraram médias de produtividades de grão acima de 2.000 kg.ha⁻¹.

Após a confirmação da significância da interação, quantificou-se a natureza dessa interação conforme o método de Cruz e Castoldi (1991). Constatou-se que três dos quinze pares de combinações de ambientes (Gurupi IV \times Gurupi VI; Gurupi III \times Gurupi V; Gurupi I \times Gurupi VI) apresentaram interação predominantemente de natureza complexa com valores acima de 50%, demonstrando assim que os genótipos tiveram desempenhos diferenciados nos ambientes de cultivo. Deste modo, observa-se que a indicação das cultivares pode ser prejudicada, havendo a necessidade de análises mais detalhadas para indicação de cultivares de acordo com a peculiaridade de cada ambiente, tornando assim necessário as análises da adaptabilidade e da estabilidade, visando maior confiança na recomendação de cultivares. Pereira *et al.* (2010) observando os efeitos da interação, identificaram pares de ambientes com interação complexa e simples.

As médias de produtividade de grãos dos ambientes oscilaram de 2.853 kg.ha⁻¹ (Gurupi II) a 1.097 kg.ha⁻¹ (Gurupi VI) (Quadro 4). Os coeficientes de variação (%) oscilaram entre 40,92 % (Gurupi IV) e 19,37%

Quadro 3 - Resumo da análise de variância conjunta da produtividade de grão (kg.ha⁻¹) de seis cultivares de feijão comum, cultivados em seis ambientes na entressafra de 2010, 2011 e 2012 no Campus de Gurupi, Universidade Federal de Tocantins

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio	Valor de F calculado
Blocos	3	-----	-----
Cultivares (C)	5	1505802,28	1,42 ^{ns}
Ambientes (A)	5	12156499,45	55,94**
C \times A	25	1057069,32	4,84**
Resíduo	105	217295,58	-----
CV (%)	28,87		

^{ns} não significativo; ** significativo para $p \leq 0,01$; *Significativo para $p \leq 0,05$ pelo teste F.

Quadro 4 - Quadro 4 -Média de produtividade de grão das cultivares e ambientes e coeficiente de variação (CV) de seis cultivares de feijão comum em seis ambientes na entressafra de 2010, 2011 e 2012 no Campus de Gurupi, Universidade Federal de Tocantins

Cultivares	Ambientes						Média
	Gurupi I	Gurupi II	Gurupi III	Gurupi IV	Gurupi V	Gurupi VI	
BRS-Esplendor	1.422,75	1.884,13	1.084,71	1101,39	601,61	1.394,74	1.248,22
IAC-Centauro	2.562,91	2.999,04	1.396,56	952,05	1.116,85	1.013,74	1.673,52
IAC-Una	1.859,17	4.322,13	1.965,22	841,42	1.507,83	1.031,28	1.921,18
IPR-Colibri	2.253,69	2.246,67	1.612,57	1.018,11	1.017,02	1.165,65	1.552,28
Princesa	3.133,44	3.027,37	674,90	1.699,83	1.665,06	843,95	1.840,76
Safira	1.348,01	2.637,45	972,18	1.061,96	1.547,82	1.134,85	1.450,33
Média	2.096,66	2.852,80	1.284,35	1.112,42	1.242,70	1.097,00	
CV(%)	25,31	19,37	29,73	40,92	26,40	23,53	
Classe	F	F	D	D	D	D	

Classe: F - Favorável; D - Desfavorável.

(Gurupi II). Os ambientes foram classificados de acordo com o índice ambiental, como ambientes favoráveis (Gurupi I e Gurupi II) e ambientes desfavoráveis (Gurupi III, Gurupi IV, Gurupi V e Gurupi VI).

A produtividade de grão variou entre 4.322 kg.ha⁻¹ (Gurupi II) a 602 kg.ha⁻¹ (Gurupi V), representado uma diferença de 3.720 kg.ha⁻¹ entre os ambientes de maior e menor produtividade de grão (Quadro 4). As cultivares IAC Una, Princesa, IAC Centauro, IPR Colibri, Safira e BRS Esplendor apresentaram média geral de produtividade de grão de

1921 kg ha⁻¹, 1841 kg.ha⁻¹, 1674 kg.ha⁻¹, 1552 kg ha⁻¹, 1450 kg.ha⁻¹ e 1248 kg.ha⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes aos obtidos neste estudo foram encontrados para a cultivar IPR Colibri por Buratto *et al.* (2007) e Rocha *et al.* (2010). Observa-se ainda que a média geral das cultivares IAC Una, Princesa e IAC Centauro apresentaram resultados superiores à média geral 1.614 kg.ha⁻¹ (Quadro 4).

Os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das cultivares obtidos pelos métodos de Centróide, Annicchiarico e Eberhart e Russell encontram-se no Quadro 5.

Quadro 5 - Estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade obtidas pelos métodos Centróide, Annicchiarico [Índice de confiança geral (Wi), Índice de confiança desfavorável (Wid) e Índice de confiança favorável (Wif)] e Eberhart e Russell [estimativa da produtividade média de grão (β_{0i}), coeficientes de regressão (β_{1i}), desvios da regressão (α^2di) e coeficiente de determinação (R^2i)] obtidos em Gurupi-TO

Cultivares	Média (kg. ha ⁻¹)	Classe	Centróide				Annicchiarico			Eberhart e Russell			
			P (I)	P (II)	P (III)	P (IV)	Wi	Wid	Wif	β_{0i}	$\beta_{1i}^{(1)}$	$\alpha^2di^{(2)}$	R^2i (%)
BRS-Esplendor	1.248	IV	0,113	0,123	0,251	0,512	74,49	80,79	66,60	1.248	0,45**	42621,91 ^{ns}	57,97
IAC-Centauro	1.673	II	0,251	0,272	0,230	0,246	96,86	91,37	110,37	1.673	1,21 ^{ns}	-13317,89 ^{ns}	95,78
IAC-Una	1.921	I	0,343	0,267	0,204	0,184	104,95	101,77	107,94	1.921	1,61**	273460,95**	83,40
IPR-Colibri	1.552	III	0,184	0,182	0,321	0,312	93,69	96,08	87,56	1.552	0,72 ^{ns}	34325,59 ^{ns}	79,13
Princesa	1.840	II	0,283	0,287	0,213	0,214	100,79	91,17	119,40	1.840	1,23 ^{ns}	349802,90**	70,51
Safira	1.450	IV	0,165	0,169	0,316	0,348	86,86	94,24	72,92	1.450	0,75 ^{ns}	66220,39 ^{ns}	74,73
Média	1.614,38												

Centróide - Classe I: Adaptabilidade geral (++); Classe II: Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (+-); Classe III: Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (-+); Classe IV: Pouco adaptado (-); Annicchiarico - Alfa = 0,25; Z(1-alfa) = 0,2734; Eberhart e Russel: (1)^{ns} não significativo; ** significativo para p ≤ 0,01; *Significativo para p ≤ 0,05 pelo teste t. (2)^{ns} não significativo; ** significativo para p ≤ 0,01; * Significativo para p ≤ 0,05 pelo teste F.

Segundo a metodologia de Centróide a cultivar IAC Una foi classificada como sendo de adaptabilidade geral, demonstrando assim que a cultivar é capaz de responder à melhoria do ambiente e também produzir satisfatoriamente em condições adversas. As cultivares IAC Centauro e Princesa foram identificadas como de adaptabilidade média a ambiente favorável e a IPR Colibri como de adaptabilidade média a ambiente desfavorável. As cultivares BRS Esplendor e Safira foram classificadas como pouco adaptadas.

Pela metodologia proposta por Annicchiarico (1992), a adaptabilidade e estabilidade são mensuradas pela superioridade da cultivar em relação à média em cada ambiente, sendo baseada na estimativa de um índice de confiança (W_i). Uma vez que, a cultivar mais estável é aquela que apresentar valor superior à média, com índice de confiança ($W_i \geq 100$), ou seja, apresentando assim resposta igual ou superior à média da cultivar. Além disso, o método de Annicchiarico propicia também a identificação do índice W_i para os ambientes favoráveis (W_{if}) e desfavoráveis (W_{id}), sendo calculado de acordo com a média de cada ambiente em relação à média geral.

A análise de adaptabilidade e estabilidade pelo método sugerido por Annicchiarico indicou para amplas condições ambientais (W_i) as cultivares IAC Una (104,95) e Princesa (100,79). Nos ambientes favoráveis (W_{if}), as cultivares Princesa (119,40), IAC Centauro (110,37) e IAC Una (107,94) foram consideradas as mais adequadas para essa condição, sendo que essas cultivares devem produzir 19,4%, 10,37% e 7,94% respectivamente, acima da média. Nos ambientes desfavoráveis (W_{id}) a cultivar IAC Una (101,77) foi identificada como mais estável, de acordo com os dados deve produzir 1,77% acima da média. As cultivares BRS Esplendor, IPR Colibri e Safira não foram recomendadas para nenhuma das condições estudadas. No entanto, resultados diferentes foram obtidos por Pereira *et al.* (2012) que utilizando a mesma metodologia classificaram a BRS Esplendor e outras cultivares com ampla adaptabilidade e alta estabilidade devido provavelmente, a ter usado outro grupo de cultivares e outros ambientes.

Evidencia-se no Quadro 5 as estimativas dos parâmetros de adaptabilidade e estabilidade, como produtividade média de grão (β_{0i}), coeficientes de

regressão (β_{1i}), desvios da regressão (α^2_{di}) e coeficiente de determinação (R^2_{di}), obtidos pela metodologia de Eberhart e Russell.

De acordo com o método de Eberhart e Russell, a cultivar ideal é aquela que apresenta produtividade acima da média geral (β_{0i}), coeficientes regressão estatisticamente igual a 1 ($B_{1i}=1$), desvio da regressão (α^2_{di}) não significativos e coeficientes de determinação acima de 80%. Desse modo, percebe-se que a cultivar IAC Centauro reuniu todos os atributos necessários que a classifica como cultivar ideal por apresentar alta produtividade de grão, ampla adaptabilidade, alta estabilidade e elevado coeficiente de determinação (95,78). Em trabalho conduzido por Rocha *et al.* (2010), em quatro municípios de Santa Catarina, foi possível identificar cultivares de feijão comum que contemplam todos os requisitos básicos relatados por Eberhart e Russell.

Com relação ao parâmetro (β_{1i}), que mensura a adaptabilidade das cultivares, observa-se que a maioria dos cultivares apresentou ampla adaptabilidade (Quadro 5). Entre elas, destacaram-se as cultivares IAC Centauro, Princesa, Safira e IPR Colibri. No entanto, somente as cultivares IAC Una, Princesa e IAC Centauro foram consideradas mais produtivas por apresentarem produtividade acima da média geral (1.614 kg ha⁻¹). No ambiente desfavorável ($B_{1i} < 1$), a cultivar BRS Esplendor apresentou-se mais adaptável. Enquanto que, no ambiente favorável ($B_{1i} > 1$) a cultivar IAC Una foi a mais adaptável.

Com relação à estabilidade (α^2_{di}), das cultivares analisadas, percebe-se que 66,6% das cultivares foram classificadas com alta estabilidade (BRS Esplendor, IAC Centauro, IPR Colibri e Safira), com o coeficiente de determinação variando de 57,97 a 95,78%.

Por outro lado, evidencia-se que as cultivares IAC Centauro, Safira e Colibri apresentaram adaptabilidade e estabilidade de acordo com a metodologia de Eberhart e Russell, no entanto, somente a cultivar IAC Centauro foi considerada mais produtiva por apresentar produtividade acima da média geral e com coeficiente de determinação acima de 80%, ou seja, este genótipo é previsível no que respeita à produtividade de grão.

Analisando os resultados dos três métodos (Quadro 5), percebe-se que apenas a cultivar IAC Una foi considerada com ampla adaptabilidade e alta estabilidade pelos métodos Centróide e Annicchiarico, e a cultivar Princesa com adaptabilidade geral (Métodos de Annicchiarico e de Eberhart e Russell). Estudos utilizando duas ou mais metodologias de adaptabilidade e estabilidade são comuns, pois possibilitam maior precisão na recomendação de genótipos (Ribeiro *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2009a,b; Rocha *et al.*, 2010; Domingues *et al.*, 2013).

Com relação à classificação das cultivares adaptáveis para ambientes favoráveis, constata-se haver similaridade na identificação das cultivares IAC Centauro e Princesa nos métodos Centróide e Annicchiarico e a cultivar IAC Una nos métodos Annicchiarico e de Eberhart e Russell. Comparando as metodologias para ambientes desfavoráveis, verifica-se que não houve semelhança entre os métodos na classificação das cultivares IPR Colibri (Método de Centróide), BRS Esplendor (Método de Eberhart e Russell) e IAC Una (Método de Annicchiarico). As cultivares BRS Esplendor e Safira foram identificadas

como pouco adaptadas pelos métodos Centróide e Annicchiarico. No entanto, para a metodologia de Eberhart e Russell a cultivar Safira apresentou ampla adaptabilidade e alta estabilidade e a cultivar BRS Esplendor mostrou-se adaptada para condições desfavoráveis e alta estabilidade.

CONCLUSÕES

Com base na produtividade de grão, as metodologias de Centróide, Annicchiarico e Eberhart e Russell possibilitam a recomendação de cultivares para ambientes de condições gerais e específicas (favoráveis e desfavoráveis). As cultivares IAC Centauro, IAC Una e Princesa são indicadas para ambientes de condições gerais por serem produtivas, ampla adaptabilidade e estáveis na entressafra.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annicchiarico, P. (1992) – Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*, vol. 46, p. 269-278.
- Borém, A. & Miranda, G.V. (2013) – *Melhoramento de plantas*. 6.^a edição. Editora UFV, Viçosa.
- Buratto, J.S.; Moda-Cirino, V.; Júnior, N.S.F.; Prete, C.E.C. & Faria, R.T. (2007) – Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 28, p. 373-380. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n3p373>
- Cancellier, L.L.; Afféri, F.S.; Peluzio, J.M.; Dotto, M.A.; Leão, F.F. & Santos, V.M. (2012) – Correlação dos parâmetros da adaptabilidade e estabilidade para genótipos comerciais de milho avaliados no Tocantins. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 7, n. 2, p. 196-203.
- Carvalho, E.V.; Peluzio, J.M.; Santos, W.F.; Afféri, F.S. & Dotto, M.A. (2013) – Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Tocantins. *Revista Agroambiente*, vol. 7, n. 2, p. 162-169.
- Conab (2014) – *Feijão. Series históricas: área, produtividade e produção do boletim da Safra 2013/2014, sexto levantamento*. Companhia Nacional de Abastecimento. [cit. 2014.08.10]. <http://www.conab.gov.br>
- Cruz, C.D. (2006) – *Programa Genes – Aplicativo computacional em genética e estatística*. Versão 4.1.
- Cruz, C.D. & Castoldi, F.L. (1991) – Decomposição da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, vol. 38, n. 219, p. 422-430.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. & Carneiro, P.C.S. (2012) – *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 4.^a d. Editora UFV, Viçosa. vol. 1, 514 p.
- Curi, S. & Campelo Júnior, J.H. (2001) – Necessidades hídricas da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*L.) na baixada cuiabana. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, vol. 9, n. 1, p. 59-65.

- Domingues, L.S.; Ribeiro, N.D.; Minetto, C.; Souza, J.F. & Antunes, I.F. (2013) – Metodologias de análise de adaptabilidade e de estabilidade para a identificação de linhagens de feijão promissoras para o cultivo no Rio Grande do Sul. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 34, p. 1065-1076. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p1065>
- Eberhart, S.A. & Russell, W.A. (1966) – Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, vol. 6, n. 1, p. 3640. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
- EMBRAPA (2013) – *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.^a ed. rev. amp. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA, Brasília, DF, 353 p.
- Finlay, K.W. & Wilkinson, G.N. (1963) – The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, vol. 14, n. 6, p. 742-754. <http://dx.doi.org/10.1071/AR9630742>
- Oliveira, G.V.; Carneiro, P.C.S. & Carneiro, J.E.S. (2006) – Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 41, n. 2, p. 257-265. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000200010>
- Pelúzio, J.M.; Fidelis, R.R.; Giongo, P.; Silva, J.C.; Cappellari, D. & Barros, H.B. (2008) – Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. *Revista Ceres*, vol. 55, n. 1, p. 34-40.
- Pereira, H.S.; Melo, L.C.; Faria, L.C.; Del Peloso, M.J.; Costa, J.G.C.; Rava, C.A. & Wendland, A. (2009a) – Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 44, n. 1, p. 29-37. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100005>
- Pereira, H.S.; Melo, L.C.; Del Peloso, M.J.; Faria, L.C.; Costa, J.G.C.; Diaz, J.L.C.; Rava, C.A. & Wendland, A. (2009b) – Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 44, n. 4, p. 374-383. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000400007>
- Pereira, H.S.; Melo, C.L.; Faria, L.C.; Del Peloso, M.J. & Wendland, A. (2010) – Estratificação ambiental na avaliação de genótipos de feijoeiro-comum tipo Carioca em Goiás e no Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 45, n. 6, p. 554-562. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600004>
- Pereira, H.S.; Almeida, V.M.; Melo, L.C.; Wendland, A.; Faria, L.C.; Del Peloso, M.J. & Magaldi, M.C.S. (2012) – Influência do ambiente em cultivares de feijoeiro-comum em cerrado com baixa altitude. *Bragantia*, vol. 71, n. 2, p. 165-172. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012005000024>
- Perina, E.F.; Carvalho, C.R.L.; Chiorato, A.F.; Gonçalves, J.G.R. & Carbonell, S.A.M. (2010) – Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. *Ciência Agrotécnica*, vol. 34, n. 2, p. 398-406. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000200018>
- Pimentel-Gomes, F.P. (2000) – *Curso de estatística experimental*. Nobel, São Paulo, 466 p.
- Polizel, A.C.; Juliatti, F.C.; Hamawakl, O.T.; Hamawaki, R.L. & Guimarães, S.L. (2013) – Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do Mato Grosso. *Bioscience Journal*, vol. 29, n. 4, p. 910-920.
- Prado, E.P.; Hiromoto, D.M.; Godinho, V.P.C.; Utumi, M.M. & Ramalho, A.R. (2001) – Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 36, p. 625-635. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001000400005>
- Ramos, L.M.; Sanches, A.; Cotes, J.M. & Filho, A.C. (2011) – Adaptabilidade e estabilidade de rendimento de genótipos de arroz mediante duas metodologias de avaliação na Colômbia. *Acta Agronômica*, vol. 60, p. 39-49.
- Ribeiro, N.D.; Antunes, I.F.; Souza, J.F. & Perschirv, N.L. (2008) – Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, vol. 38, n. 9, p. 2434-2440. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000900004>
- Rocha, R.B.; Muroabad, J.I.; Araujo, E.F. & Cruz, C.D. (2005) – Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, vol. 15, n. 3, p. 255-266. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981863>
- Rocha, V.P.; Moda-Cirino, V.; Destro, D.; Júnior, N.S.F. & Prete, C.E.C. (2010) – Adaptabilidade e estabilidade da característica produtividade de grãos dos grupos comerciais carioca e preto de feijão. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 31, n. 1, p. 39-54. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n1p39>