

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) BASEADA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS, FENOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO

Riteli Baptista Mambrin¹, Nerinéia Dalfollo Ribeiro¹, Lindolfo Storck², Lucas da Silva Domingues², Karine Andréia Barkert¹

¹Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria – Rio Grande do Sul, E-mail: ritimanbrin@yahoo.com.br, nerineia@hotmail.com, kakabarkert@hotmail.com

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, E-mail: lindolfstorck@gmail.com, lucassdomingues@hotmail.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade genética de linhagens de feijão quanto aos caracteres morfológicos, fenológicos e de produção, estudar a associação linear e as relações diretas e indiretas entre esses caracteres e a produtividade de grãos e selecionar linhagens com alto desempenho agrônomico. Para tanto, 14 linhagens avançadas de feijão foram avaliadas em duas épocas de cultivo. As linhagens de feijão apresentaram variabilidade genética para os caracteres morfológicos, fenológicos e de produção. Coeficiente de correlação linear positivo ($r= 0,77$) e maior efeito direto (0,751) foram verificados entre a produtividade de grãos e o número de dias da emergência à floração. A seleção indireta para a floração tardia é eficiente para o aumento da produtividade de grãos em feijão. As linhagens BRS MG Realce, TB 02-24, CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107 e LP 07-08 apresentam alto desempenho agrônomico e devem ser selecionadas.

Palavras-chave: Variabilidade genética, linhas puras, análise de trilha, correlação de Pearson, *Phaseolus vulgaris*

SELECTION OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) BASED IN MORPHOLOGICAL, PHENOLOGICAL AND GRAIN YIELD CHARACTERS

ABSTRACT

The objectives of this research were to evaluate the genetic variability of common bean lines as to morphological, phenological and grain yield characters, to investigate the correlation and the direct and indirect association between these characters and grain yield and to select common bean lines with high agronomic performance. Inbred common bean lines were evaluated in two growing seasons. The common bean lines showed genetic variability for morphological, phenological and grain yield characters. A positive linear correlation coefficient ($r= 0.77$) and highest direct effect (0.751) were found between grain yield and day numbers from emergence to flowering. The indirect selection for late flowering is effective to increase bean grain yield. BRS

MG Realce, TB 02-24, CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107 and LP 07-08 lines show high agronomic performance and their selection is recommended.

Keywords: Genetic variability, inbred lines, path analysis, Pearson correlations, *Phaseolus vulgaris*

INTRODUÇÃO

A produtividade de grãos em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um caráter de difícil seleção, devido à baixa herdabilidade e a influência não controlável do ambiente (MORETO et al., 2007). Por isso, o aumento da produtividade de grãos ainda é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento. No Estado do Rio Grande do Sul foi obtido um ganho genético médio de 38,59 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ para a produtividade de grãos de feijão (RIBEIRO et al., 2008). Isso foi conseguido pela redução da altura de inserção da primeira vagem, do número de dias para a floração e para o ciclo e pelo aumento do número de vagens por planta e da massa de 100 grãos. Portanto, alterações em caracteres morfológicos, fenológicos e de produção contribuíram para o aumento da produtividade de grãos em feijão.

A seleção indireta baseada em caracteres morfológicos, fenológicos e de produção pode representar avanços significativos no processo de seleção precoce de linhagens de feijão com superioridade fenotípica. Para isso, o caráter

sob seleção deverá apresentar alto coeficiente de correlação linear com a produtividade de grãos. Estimativa de correlação negativa de alta magnitude foi obtida entre a produtividade de grãos e a altura de inserção da primeira e da última vagem (RIBEIRO et al., 2001) e de baixa a moderada magnitude, entre a produtividade de grãos de feijão e o ciclo (CABRAL et al., 2011; JOST et al., 2013). Já, a produtividade de grãos em feijão apresentou correlação positiva e de alta magnitude com o número de vagens por planta e o número de grãos por planta (CABRAL et al., 2011). Os coeficientes de correlação (negativos ou positivos) entre os caracteres precisam ser analisados cuidadosamente. Isso porque a seleção indireta via aumento nos caracteres da produção é desejável, entretanto a redução da altura de inserção da primeira vagem deverá ser evitada, pois poderá comprometer a colheita das plantas e a qualidade dos grãos, devido à maior proximidade das vagens com o solo.

A relação entre os caracteres morfológicos e fenológicos com a produtividade de grãos, ainda é pouco

investigada em feijão. Além disso, o desenvolvimento de cultivares de feijão de porte ereto, de ciclo precoce e com alto potencial produtivo atende a demanda dos produtores de feijão. Por isso, foram objetivos desse trabalho avaliar a variabilidade genética de linhagens de feijão quanto aos caracteres morfológicos, fenológicos e de produção, estudar a associação linear e as relações diretas e indiretas entre esses caracteres e a produtividade de grãos e selecionar linhagens com alto desempenho agrônomo para uso em hibridações dirigidas no programa de melhoramento.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos de campo foram instalados em área do Programa de Melhoramento de Feijão da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95 m de altitude). O clima da região é do tipo Cfa, temperado chuvoso, com chuvas bem distribuídas ao longo dos anos, e subtropical do ponto de vista térmico. O cultivo foi realizado em duas épocas: safra (semeadura em 13 de outubro de 2010) e safrinha (semeadura em 16 de fevereiro de 2011). As principais diferenças observadas nestas épocas de

cultivo foram relativas às temperaturas médias máximas e mínimas observadas na semeadura e na colheita e à quantidade e à distribuição da precipitação pluvial (Tabela 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 4,0 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m. Na colheita, as duas linhas externas foram desprezadas para evitar mistura varietal e apenas as duas linhas centrais foram consideradas como área útil (4,0 m²). Os tratamentos consistiram de 14 linhagens de feijão, sendo dez linhagens avançadas desenvolvidas por diferentes obtentores: TB 02-24 e TB 02-07 (Embrapa Clima Temperado), SM 1107 e SM 1810 (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO), CHC 01-175 e CHP 986620 (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI), LP 08-90 e LP 07-80 (Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR), BRS MG Realce e CNFP 10104 (Embrapa Arroz e Feijão) e quatro linhagens testemunhas (cultivares comerciais): Guapo Brilhante, BRS Valente, Carioca e Pérola.

Todas as linhagens avaliadas são do grupo gênico Mesoamericano, exceto a TB

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) BASEADA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS, FENOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO

02-24 e a BRS MG Realce que são do grupo gênico Andino. Como as linhagens apresentam diferenças quanto ao hábito de crescimento (HC), a quantidade de sementes foi calculada de forma a se ter uma expectativa de população de 300.000 plantas ha⁻¹ para as linhagens do tipo I (HC determinado), de 250.000 plantas ha⁻¹ para as linhagens do tipo II (HC indeterminado com guias curtas) e de 200.000 plantas ha⁻¹ para as linhagens do tipo III (HC indeterminado com guias longas) (CTSBF, 2010).

A área experimental possui solo classificado como Argissolo Bruno-acinzentado Alítico típico e apresentava a seguinte composição química no cultivo de safra de 2010: pH (H₂O): 5,7; matéria orgânica: 2,0%; fósforo: 4,5 mg.dm⁻³; potássio: 0,28 cmol_c dm⁻³; cálcio: 6,3cmol_cdm⁻³; magnésio: 2,8cmol_cdm⁻³. O solo foi preparado de maneira convencional e a adubação foi aplicada em duas épocas, de acordo com a interpretação da análise química do solo. Na base foram aplicados 250 kg.ha⁻¹ da fórmula 5-30-20 (uréia: 45% de nitrogênio, superfosfato: 18% de P₂O₅ e cloreto de potássio: 60% de K₂O) e em cobertura foram adicionados 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio, como ureia (45% de nitrogênio), no estádio de crescimento de primeira folha trifoliolada (V3).

Na safrinha de 2011, o experimento foi conduzido no mesmo local da área experimental em que foi conduzido o experimento da safra de 2010. Portanto, foi realizada uma adubação de manutenção e de reposição da exportação de nutrientes. Na base, foram utilizados 190 kg.ha⁻¹ da fórmula 5-30-20 e em cobertura, 20 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (ureia) aplicado no estádio de crescimento de primeira folha trifoliolada (V3).

Na maturação foram coletadas ao acaso dez plantas na área útil para a determinação dos caracteres morfológicos: altura de inserção da primeira vagem, distância da primeira vagem ao solo e altura de inserção da última vagem, em cm. Os caracteres fenológicos, número de dias da emergência à floração e à maturação (ciclo), foram avaliados quando 50% mais uma das plantas da área útil se encontravam em floração plena e em maturação para a colheita, respectivamente.

Nas dez plantas coletadas ao acaso na área útil, também, foram mensurados os caracteres de produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos.

Tabela 1. Dados meteorológicos coletados no 8º Distrito de Meteorologia, na Estação Meteorológica de Santa Maria, instalada na Universidade Federal de Santa Maria (latitude 29°42' S, longitude 53°49' W e 95 m altitude), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Variável	Safrá 2010				Safrinha 2011			
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Març.	Abr.	Maió
Temperatura máxima (°C)	24,4	27,7	30,4	32,5	30,0	28,9	26,6	21,5
Temperatura mínima (°C)	12,7	14,9	18,4	21,8	20,9	18,2	14,9	11,7
Precipitação (mm)	49,3	71,3	157,9	127,1	165,8	54,9	164,9	54,9

As demais plantas da área útil foram colhidas ao final da maturação e trilhadas manualmente para a remoção dos grãos. Os grãos foram secos ao sol e em estufa (65 a 70 °C), até umidade média de 13%, quando se quantificou a produtividade de grãos, em kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, segundo o modelo blocos ao acaso. O teste de Bartlett foi aplicado para verificar a homogeneidade das variâncias dos erros entre as duas épocas de cultivo. O teste F (valor de $p < 0,05$) foi usado para os testes das hipóteses dos efeitos principais e da interação linhagem x época de cultivo. O efeito de linhagem foi considerado fixo e os demais (bloco, época e interação) aleatórios. A comparação das médias entre as linhagens foi realizada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A matriz com os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os dez caracteres foi estimada e se verificou a

significância dos coeficientes por meio do teste *t*. O diagnóstico de multicolinearidade foi realizado conforme critério descrito em Cruz & Carneiro (2003), visando eliminar caracteres que pudessem resultar em coeficientes viesados na análise de trilha. Após foi efetuada a análise de trilha da produtividade de grãos em função dos demais caracteres que são explicativos. As análises foram realizadas com o auxílio da planilha eletrônica Office Excel e do programa Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variância do erro experimental das duas épocas de cultivo foi homogênea (valor de $p > 0,05$), possibilitando a realização da análise de variância conjunta para todos os caracteres avaliados. Assim, interação linhagem x época de cultivo significativa (valor de $p < 0,05$) foi observada para a altura de inserção da primeira vagem, a altura de inserção da última vagem, o número de dias da emergência à floração, o número de dias

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) BASEADA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS, FENOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO

da emergência à maturação (ciclo), o número de vagens por planta, o número de grãos por planta, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos (Tabela 2), caracterizaram respostas diferenciadas para as linhagens de feijão em função da variação ambiental. Para a distância da primeira vagem ao solo houve efeito significativo apenas para linhagens. Neste caso, foi observada variabilidade

genética entre linhagens, possibilitando a seleção de linhagens de feijão com superioridade fenotípica para os caracteres morfológicos, fenológicos e de produção.

A aplicação do teste Scott-Knott possibilitou a classificação das linhagens de feijão em três grupos quanto à altura de inserção da primeira vagem, nas duas épocas de cultivo (Tabela 3).

Tabela 2. Análise de variância conjunta dos dados de altura de inserção da primeira vagem (A1V, cm), distância da primeira vagem ao solo (D1V, cm), altura de inserção da última vagem (AUV, cm), número de dias da emergência à floração (NDF, dias), número de dias da emergência à maturação (ciclo, dias), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G, g) e produtividade de grãos (PROD, kg.ha⁻¹) de linhagens de feijão obtidas em cultivos de safra 2010 e de safrinha 2011), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Fonte de variação	Quadrado médio do erro ¹					
	GL	A1V	D1V	AUV	NDF	CICLO
Linhagem (L)	13	18,11 *	16,25 *	228,47 *	40,51 *	58,63 *
Época (E)	1	0,21 ns	7,23 ns	58,41 ns	841,51 *	1635,57 *
LxE	13	20,24 *	10,80 ns	127,12 *	40,62 *	43,97 *
Bloco/E	6	11,70 ns	10,42 ns	90,61 ns	0,55 ns	12,92 ns
Erro	78	6,11	6,02	29,84	0,61	16,65
Média		16,82	7,65	44,56	36,26	81,77
CV% ²		14,69	31,91	12,26	2,16	4,99
		NVP	NGP	NGV	M100G	PROD
Linhagem (L)	13	13,06 *	321,94 *	0,80 *	42,64 *	810458 *
Época (E)	1	3,87 ns	2653,01 *	14,25 *	213,72 *	3734814 *
LxE	13	29,86 *	867,61 *	1,77 *	97,71 *	271722 *
Bloco/E	6	4,74 ns	109,89 ns	0,17 ns	9,37 *	62389 ns
Erro	78	6,30	176,62	0,19	2,15	74421
Média		11,62	55,13	4,75	22,95	2.090
CV% ²		21,61	24,10	9,12	6,40	13,49

¹* Significativo pelo teste F (valor de p<0,05); ns = não significativo. ²CV%: coeficiente de variação.

Tabela 3. Média* da altura de inserção da primeira vagem (A1V), da altura de inserção da última vagem (AUV), do número de dias da emergência a floração (NDF) e do número de dias da emergência à maturação (ciclo) de linhagens de feijão obtidas em cultivos de safra 2010 e de safrinha 2011), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Linhagem	A1V (cm)		AUV (cm)		NDF (dias)		Ciclo (dias)	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
LP 07-80	21,87 a	16,87 b	51,76 a	47,27 b	40,0 a	35,25 a	81,75 a	86,00 a
LP 08-90	19,07 b	18,53 b	51,92 a	49,76 b	40,7 a	34,25 b	80,25 a	88,75 a
BRS MG	18,24 b	21,74 a	45,32 a	37,56 c	30,0 b	29,00 c	78,00 a	77,00 b
CHP 986620	17,67 b	18,63 b	45,90 a	42,46 b	41,0 a	34,50 b	78,25 a	89,75 a
Pérola	17,45 b	16,65 b	53,19 a	63,88 a	40,5 a	36,00 a	77,75 a	84,75 a
CHC 01-175	17,32 b	16,89 b	48,56 a	42,57 b	40,7 a	35,00 a	77,25 a	89,25 a
SM 1107	17,31 b	17,59 b	42,40 b	45,84 b	40,0 a	34,00 b	76,00 a	86,50 a
CNFP 10104	16,99 b	15,46 c	47,36 a	43,07 b	41,0 a	33,50 b	83,50 a	89,25 a
TB 02-07	16,29 c	14,01 c	41,22 b	43,40 b	41,0 a	34,00 b	77,25 a	90,75 a
SM 1810	15,57 c	18,05 b	45,48 a	45,05 b	41,0 a	34,25 b	77,50 a	84,25 a
GuapoBrilhant	15,38 c	13,41 c	38,96 b	35,66 c	40,2 a	33,50 b	76,50 a	84,25 a
BRS Valente	14,89 c	14,91 c	42,78 b	42,51 b	40,7 a	35,00 a	76,25 a	87,50 a
Carioca	14,56 c	15,63 c	44,46 a	48,29 b	40,0 a	33,25 b	76,00 a	85,50 a
TB 02-24	13,54 c	15,18 c	34,71 b	28,94 c	29,0 b	30,00 c	75,00 a	76,00 b
Média	16,87			44,02	39,0		77,9	85,6
CV% ¹	14,0		12,74	12,2	1,53	2,92	2,13	19,6

*Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste Scott-Knott (valor de $p > 0,05$).

¹CV%: coeficiente de variação.

No cultivo de safra 2010/2011, a linhagem LP 07-80 superou às cultivares testemunhas (Pérola, Guapo Brilhante, BRS Valente e Carioca) em relação à altura de inserção da primeira vagem (21,87 cm). Entretanto, no cultivo de safrinha 2011, destacou-se a linhagem BRS MG Realce (21,74 cm). Plantas com maior altura de inserção da primeira vagem, de porte ereto e com menor acamamento facilitam a colheita manual e a mecanizada e os demais tratos culturais (MENDES et al., 2009). No presente estudo não foi possível identificar linhagens de feijão com maior altura de

inserção da primeira vagem nas duas épocas de cultivo. As diferenças de ambiente, em especial quanto às médias das temperaturas máxima e mínima e da precipitação mensal (Tabela 1), contribuíram para a variação na expressão do fenótipo, o que dificulta a seleção de plantas de feijão com maior altura de inserção da primeira vagem, independentemente da época de cultivo.

As linhagens SM 1107 e TB 02-07 apresentaram altura de inserção da última vagem similar à observada para a BRS Valente nas duas épocas de cultivo (Tabela 3). Plantas de feijão com menor altura de

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) BASEADA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS, FENOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO

inserção da última vagem serão mais compactas e, portanto, poderão ser mais resistentes ao acamamento, por isso esse parâmetro é importante para a seleção.

O número de dias da emergência a floração variou de 29,00 a 30,00 dias para as linhagens BRS MG Realce e TB 02-24, nas duas épocas de cultivo (Tabela 3). Portanto, essas linhagens foram as mais precoces para a floração. As demais linhagens apresentaram entre 33,25 a 41,00 dias para a floração. O caráter número de dias para a floração em feijão é de alta herdabilidade (MENDES et al., 2008), portanto pode ser usado pelos programas de melhoramento para identificar linhagens precoces.

O ciclo médio foi mais longo no cultivo de safrinha 2011 (85,68 dias), pois, nessa época de cultivo, o acúmulo de graus dias ocorre de forma mais lenta. No cultivo de safra 2010/2011, embora tenha sido constatada diferença significativa pelo teste F para linhagens (Tabela 2), a aplicação do teste Scott-Knott não resultou em estratificação entre os tratamentos para o ciclo, no mesmo nível de significância (Tabela 3). Já, no cultivo de safrinha 2011, as linhagens BRS MG Realce e TB 02-24 apresentaram ciclo precoce. A identificação de cultivares de feijão de ciclo precoce permite o planejamento da colheita para

épocas menos chuvosas, a diminuição do consumo de água em cultivos irrigados e a desocupação da área em menor tempo para a sucessão de cultivo (BURATTO et al., 2007).

No cultivo de safra 2010/2011, a produtividade de grãos média foi de 2.569 kg.ha⁻¹, superior ao valor observado no cultivo de safrinha 2011 (1.414 kg.ha⁻¹) (Tabela 4). No cultivo de safrinha de feijão no Estado do Rio Grande do Sul, as temperaturas mínimas mensais são mais baixas no período de floração e de enchimento de grãos (Tabela 1), e isso contribuiu para a menor fixação de flores e de vagens, reduzindo a produtividade de grãos. Entretanto, os dois experimentos apresentaram coeficiente de variação inferior a 25% e, portanto, atenderam ao padrão de precisão experimental requerido pelo Registro Nacional de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (RNC/MAPA) para a inscrição de novas cultivares de feijão (BRASIL, 2006).

Como foi identificada a ocorrência de interação linhagem x época de cultivo significativa para a produtividade de grãos (Tabela 2), nem todas as linhagens que se destacaram no cultivo de safra 2010 foram as mais produtivas no cultivo de safrinha

2011 (Tabela 4). No entanto, as linhagens CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107 e LP 07-08 estiveram no grupo de linhagens de alta produtividade de grãos, estratificadas pelo teste de Scott-Knott, nas duas épocas de cultivo. Portanto, essas linhagens são promissoras para a seleção pelo Programa de Melhoramento devido ao alto potencial de produtividade de grãos.

O número de vagens por planta variou de 6,10 (BRS MG Realce, safrinha 2011) a 16,32 (TB 02-24, safra 2010/2011) (Tabela 4). Os componentes da produtividade de grãos: número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem foram superiores no cultivo de safra 2010/2011, provavelmente em função da melhor distribuição da precipitação (Tabela 1).

De acordo com a classificação de tamanho de grãos apresentada por Blair et al. (2010), apenas as linhagens BRS MG Realce e TB 02-24, do grupo gênico Andino, foram de tamanho médio (Tabela 4). As demais linhagens possuem grãos pequenos (massa de 100 grãos inferior a 25 g) e de tamanho adequado para as classes de grãos carioca e preto.

As linhagens Andinas BRS MG Realce e TB 02-24 apresentaram ciclo

precoce e maior massa de 100 grãos, no entanto a produtividade de grãos foi baixa (Tabela 3 e 4). As linhagens Mesoamericanas CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107 e LP 07-08 destacaram-se quanto à produtividade de grãos nos dois ambientes avaliados, porém foram de ciclo intermediário e de grãos pequenos. O cruzamento entre essas linhagens, de diferentes grupos gênicos, é promissor para a obtenção de populações segregantes com características morfológicas, fenológicas e de produção superiores, atendendo a demanda dos produtores de feijão.

Estimativa de correlação positiva e de alta magnitude foi observada entre a produtividade de grãos e o número de dias da emergência à floração ($r= 0,77$) (Tabela 5). No entanto, Cabral et al. (2011) verificaram que a produtividade de grãos e o número de dias para a floração apresentaram estimativa de correlação negativa e de moderada magnitude ($r= -0,52$), quando avaliaram 58 linhagens de feijão em um experimento realizado no Espírito Santo. A magnitude dessas correlações varia com a diversidade genética do germoplasma avaliado (RIBEIRO et al., 2001; CABRAL et al., 2011) e com os locais de avaliação (BARILI et al., 2011; ZILIO et al., 2011).

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) BASEADA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS, FENOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO

Tabela 4. Média* da produtividade de grãos (PROD), do número de vagens por planta (NVP), do número de grãos por planta (NGP), do número de grãos por vagem (NGV) e da massa de 100 grãos (M100G) de linhagens de feijão obtidas em cultivos de safra 2010 e de safrinha 2011), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Linhagem	PROD (kg ha ⁻¹)		NVP		NGP	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
CNFP 10104	3102 a	1679 a	9,47 b	9,70 b	57,98 b	52,93 a
CHC 01-175	3066 a	1466 a	11,50 b	11,35 a	57,08 b	47,75 a
LP 08-90	3060 a	1603 a	10,43 b	11,58 a	53,03 b	51,03 a
SM 1810	2913 a	1394 a	12,55 a	10,13 b	66,65 a	46,38 a
SM 1107	2798 a	1762 a	13,40 a	12,45 a	74,40 a	53,10 a
CHP 986620	2782 a	1308 b	11,49 b	12,63 a	62,69 a	59,90 a
LP 07-80	2742 a	1611 a	10,58 b	13,60 a	53,71 b	66,75 a
GuapoBrilhante	2608 b	1445 a	14,58 a	11,69 a	79,88 a	56,70 a
TB 02-07	2551 b	1420 a	9,43 b	13,30 a	48,09 b	61,95 a
Carioca	2438 b	1511 a	13,48 a	11,03 a	67,93 a	51,70 a
BRS Valente	2360 b	1009 b	11,49 b	13,33 a	55,18 b	52,33 a
Pérola	2158 c	1096 b	10,53 b	16,11 a	52,60 b	67,00 a
BRS MG Realce	1934 c	1319 b	10,03 b	6,10 b	45,10 b	20,00 b
TB 02-24	1454 d	1174 b	16,32 a	7,55 b	65,71 a	24,68 b
Média	2569	1414	11,80	11,62	60,09	50,91
CV % ¹	11,99	16,43	21,56	23,35	23,70	25,39

Linhagem	NGV		MG (g)	
	Safra	Safrinha	Safra	Safrinha
CNFP 10104	6,14 a	5,57 a	22,74 b	24,20 c
CHC 01-175	4,98 a	4,28 b	23,99 b	22,78 c
LP 08-90	5,11 a	4,49 b	22,74 b	22,63 c
SM 1810	5,17 a	4,68 b	19,02 c	21,83 c
SM 1107	5,52 a	4,51 b	20,55 c	23,65 c
CHP 986620	5,35 a	4,70 a	18,89 c	20,53 d
LP 07-80	5,18 a	4,80 a	22,78 b	24,28 c
GuapoBrilhante	5,47 a	4,90 a	16,97 d	19,03 d
TB 02-07	5,18 a	4,70 a	18,95 c	20,53 d
Carioca	5,14 a	4,83 b	19,81 c	22,78 c
BRS Valente	4,82 a	3,92 b	17,91 d	19,80 d
Pérola	5,01 a	4,28 b	23,56 b	23,83 c
BRS MG Realce	4,43 b	3,31 c	29,17 a	36,20 a
TB 02-24	4,01 b	3,21 c	24,85 b	33,10 b
Média	5,07	4,39	21,57	23,94
CV % ¹	11,07	11,97	4,58	7,75

* Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste Scott-Knott (valor de p >0,05).¹CV%: coeficiente de variação.

Por isso, são encontrados resultados distintos na literatura para a análise de correlação linear simples em feijão. No presente estudo, a seleção indireta pelo número de dias da emergência à floração foi adequada para a identificação precoce de linhagens de feijão mais produtivas, pois, para as linhagens avaliadas, quanto maior foi o período juvenil, ou seja, maior o número de dias para a floração, maior foi a produtividade de grãos em feijão.

Além disso, o caráter número de dias para a floração em feijão apresenta alta herdabilidade e predomínio de efeitos gênicos aditivos (MENDES et al., 2008), sendo pouco sensível às variações do ambiente. Portanto, é um caráter que

apresenta facilidades para a seleção, diferente do que é observado para a produtividade de grãos em feijão, que apresenta herança quantitativa (MORETO et al., 2007). Acrescenta-se que a determinação do número de dias para a floração é de fácil e rápida mensuração, portanto tem possibilidade de ser implementado na rotina do programa de melhoramento de feijão. Entretanto, quanto maior for o número de dias da emergência à floração, menor será a massa de 100 grãos ($r = -0,62$). Como a massa dos grãos é de grande importância para a aceitação de uma nova cultivar, atenção especial deverá ser dada a esse caráter para que não haja rejeição do produto.

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres altura de inserção da primeira vagem (A1V), distância da primeira vagem ao solo (D1V), altura de inserção da última vagem (AUV), número de dias da emergência à floração (NDF), número de dias da emergência à maturação (ciclo), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade de grãos (PROD) de linhagens de feijão obtidas em cultivos de safra 2010 e de safrinha 2011, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

	A1V	D1V	AUV	NDF	Ciclo	NVP	NGP	NGV	MG
Prod	0,15 ^{ns}	0,20 [*]	0,24 [*]	0,78 [*]	-0,28 [*]	0,07 ^{ns}	0,37 [*]	0,62 [*]	-0,35 [*]
A1V		0,90 [*]	0,26 [*]	-0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,40 [*]	-0,35 [*]	-0,06 ^{ns}	0,26 [*]
D1V			0,24 [*]	0,01 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,34 [*]	-0,25 [*]	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}
AUV				0,32 [*]	0,12 ^{ns}	0,24 [*]	0,26 [*]	0,24 [*]	-0,14 ^{ns}
NDF					-0,23 [*]	0,12 ^{ns}	0,39 [*]	0,63 [*]	-0,62 [*]
Ciclo						-0,03 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,00 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
NVP							0,88 [*]	0,10 ^{ns}	-0,35 [*]
NGP								0,54 [*]	-0,52 [*]
NGV									-0,58 [*]

* Significativo pelo teste *t* (valor de $p < 0,05$), $n = 120$ observações.

Correlação positiva e de moderada magnitude foi verificada entre a produtividade de grãos e o número de grãos por vagem ($r= 0,62$) (Tabela 5). Portanto, o aumento do número de grãos por vagem pode levar a incrementos na produtividade de grãos. Entretanto, considerando que todas as linhagens de feijão avaliadas são da espécie *Phaseolus vulgaris*, que se caracteriza por apresentar de quatro a dez grãos por vagem (ZIMMERMANN & TEIXEIRA, 1996), esse caráter é limitado para a seleção indireta de linhagens superiores. Considerando que para o caráter número de grãos por vagem, assim como para o número de dias para a floração, houve variabilidade significativa (valor de $p < 0,05$) entre as linhagens, grande parte da correlação entre os caracteres é genética, com possibilidade de uso para a seleção direta ou indireta.

Os caracteres morfológicos (altura de inserção da primeira vagem, distância da primeira vagem ao solo e altura de inserção da última vagem), o número de dias da emergência à maturação (ciclo) e os demais caracteres de produção (número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de 100 grãos) apresentaram estimativa de correlação de baixa magnitude ou não

significativa com a produtividade de grãos (Tabela 5). Esses resultados foram similares aos observados por Ribeiro et al. (2009) e por Bariliet al. (2011) em experimentos de avaliação de linhagens de feijão, o que pode ser interpretado como baixa eficiência no uso destes caracteres para a seleção indireta de linhagens superiores.

O diagnóstico de multicolinearidade revelou a presença de colinearidade moderada a forte, com número de condição igual a 415,4. Com o descarte dos caracteres altura de inserção da primeira vagem e do número de grãos por planta, o número de condição passou a 11,8, permitindo a análise de trilha sem colinearidade. Segundo os resultados da análise de trilha (Tabela 6), o número de dias da emergência à floração apresentou o maior efeito direto positivo sobre a produtividade de grãos (0,751) e o maior coeficiente de correlação ($r=0,775$). Os demais caracteres avaliados apresentaram efeitos diretos e indiretos baixos (negativos e positivos) com a produtividade de grãos. Efeitos indiretos positivos e negativos de baixa magnitude, também, foram observados entre a produtividade de grãos e os caracteres morfológicos e de produção de linhagens de feijão (RIBEIRO et al., 2001; ZILIO et al., 2011).

Tabela 6. Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson e respectivas estimativas dos efeitos diretos e indiretos da distância da primeira vagem ao solo (D1V), da altura de inserção da última vagem (AUV), do número de dias da emergência à floração (NDF), do número de dias da emergência à maturação (ciclo), do número de vagens por planta (NVP), do número de grãos por vagem (NGV) e da massa de 100 grãos (M100G) sobre a produtividade de grãos (PROD) de linhagens de feijão obtidas em cultivos de safra 2010 e de safrinha 2011, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Efeito	D1V	AUV	NDF	CICLO	NVP	NGV	M100
Direto sobre PROD	0,153	-0,099	0,751	-0,068	0,136	0,338	0,328
Indireto via D1V		0,037	0,015	0,016	-0,052	0,012	0,014
Indireto via AUV	-0,024		-0,032	-0,012	-0,024	-	0,014
Indireto via NDF	0,072	0,239		-0,176	0,088	0,471	-
Indireto via CICLO	-0,007	-0,008	0,016		0,002	0,000	0,006
Indireto via NVP	-0,046	0,033	0,016	-0,004		0,014	-
Indireto via NGV	0,026	0,081	0,212	-0,001	0,035		-
Indireto via M100G	0,029	-0,045	-0,203	-0,030	-0,115	-	-
Total (Corr. Pearson)	0,204 *	0,237 *	0,775 *	-0,275 *	0,070 ^{ns}	0,622 *	- *
Coeficiente de	0,714						

* Significativo pelo teste *t* (valor-p<0,05), n = 120 observações.

As estimativas dos coeficientes de correlação entre a produtividade de grãos e o número de dias da emergência à floração são semelhantes ao respectivo efeito direto (em magnitude e sinal).

Sendo assim, essas associações explicam a verdadeira relação existente entre os dois caracteres e a seleção indireta para a floração mais tardia, apresenta grande contribuição ao programa de melhoramento de feijão, por manter as linhagens mais produtivas no final do processo de seleção.

Os demais caracteres morfológicos e de produção não apresentaram coeficientes de correlação (positivos ou negativos)

favoráveis à seleção de linhagens de feijão com alta produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

As linhagens avançadas de feijão apresentam variabilidade genética para os caracteres morfológicos, fenológicos e de produção.

A seleção indireta para a floração tardia é eficiente para o aumento da produtividade de grãos em linhagens de feijão.

Os caracteres morfológicos e de produção não apresentam estimativas de coeficiente de correlação favoráveis à seleção de linhagens de feijão com superioridade para a produtividade de grãos.

As linhagens BRS MG Realce, TB 02-24, CNFP 10104, CHC 01-175, LP 08-90, SM 1810, SM 1107 e LP 07-08 apresentam alto desempenho agrônômico e devem ser selecionadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARILI, L.D.; VALE, N.M.; MORAIS, P. P.; BALDISSERA, J. N. C.; ALMEIDA, C.B.; ROCHA, F.; VALENTINI, G.; BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F. 2011. Correlação fenotípica entre componentes do rendimento de grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.4, p.263-274.
- BLAIR, M.W.; GONZÁLEZ, L.F.; KIMANI, P.M.; BUTARE, L. 2010. Genetic diversity, inter-gene pool introgression and nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Central Africa. **Theoretical and Applied Genetic**, New York, v.121, n.2, p.237-248.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2006. **Requisitos mínimos para a determinação do Valor de Cultivo e Uso de feijão (*Phaseolus vulgaris*), para a inscrição no Registro Nacional de Cultivares – RCN**. Anexo IV. Brasília: MAPA. 6p.
- BURATTO, J.S.; CIRINO, V.M.; FONSECA JUNIOR, N.S.; PRETE, C.E.; FARIA, R.T. 2007. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão do estado do Paraná. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v.28,n.3, p.373-380.
- CABRAL, P.D.S.; SOARES, T.C.B.; LIMA, A.B.P.; SOARES, Y.J.B.; SILVA, J.A. 2011. Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.132-138.
- CRUZ, C.D. 2006. **Programa genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV. 382p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. 2003. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV. 585p.
- CTSBF. Comissão Técnica Sul-brasileira de Feijão. 2010. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na Região Sul brasileira 2009**. Florianópolis: Epagri. 163p.
- JOST, E.; RIBEIRO, N.D.; MAZIERO, S.M.; POSSOBOM, M.T.D.F.; ROSA, D.P.; DOMINGUES, L.S. 2013. Comparison among direct, indirect and index selections on agronomic traits and nutritional quality traits in common bean. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.93, n.5, p.1097-1104.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2012. **Zoneamento agrícola de risco climático: cultivares de feijão – ano – safra 2011/2012**. Brasília: MAPA.
- MENDES, M.P.; BOTELHO, F.B.S.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; FURTINI, I.V. 2008. Genetic control of

- the number of days to flowering in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, n.4, p.279-282.
- MENDES, F.M.; RAMALHO, M.G.P.; ABREU, A.F.B. 2009. Índice de seleção para escolha de populações segregantes em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.1312-1318.
- MORETO, A.L.; RAMALHO, M.G.P.; NUNES, J.A.R.; ABREU, A.F.B. 2007. Estimativa dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p.1035-1042.
- RIBEIRO, N.D.; STORCK, L.; MELLO, R. M. 2001. Correlações genéticas de caracteres agromorfológicos e suas implicações na seleção de genótipos de feijão preto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.6, n.1, p.168-176.
- RIBEIRO, N.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N.L.; JOST, E.; ROSA, S.S. 2008. Genetic progress in traits of yield, phenology and morphology of common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, n.3, p.236-242.
- RIBEIRO, E.H.; PEREIRA, M.G.; COELHO, K.S.; FREITAS JÚNIOR, S.P. 2009. Estimativas de parâmetros genéticos e seleção de linhagens endogâmicas recombinantes de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.5, p.580-590.
- ZILIO, M.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A.; SANTOS, J.C.P.; MIQUELLUTI, D.J. 2011. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.429-438.
- ZIMMERMANN, M.J.O.; TEIXEIRA, M.G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Org.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.57-70.

Recebido em: 31/01/2014

Aceito para publicação em: 14/9/2015