

# Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão-de-vagem<sup>1</sup>

## Combining ability for agronomic traits in snap bean

Willian Krause<sup>2\*</sup>, Rosana Rodrigues<sup>3</sup> e Nilton Rocha Leal<sup>3</sup>

**RESUMO** - Para o desenvolvimento de um programa de melhoramento, a obtenção de informações com base no comportamento “*per se*” e da capacidade combinatória de um grupo de genitores é uma etapa importante. Especificamente no caso do feijão-de-vagem, hibridações com o feijoeiro comum são usuais, já que ambos pertencem à mesma espécie botânica e muitas vezes características disponíveis no feijão comum não são encontradas no feijão-de-vagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade combinatória entre quatro genitores de feijão-de-vagem e um de feijão comum, quanto aos caracteres agronômicos. Os genótipos foram escolhidos com base na divergência genética e no comportamento em relação às características morfoagronômicas identificadas em experimentos preliminares. Os cruzamentos foram efetuados considerando-se o esquema de diallelo completo sem os recíprocos. O experimento para avaliar oito caracteres agronômicos de interesse para o feijão-de-vagem foi conduzido em condições de campo, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2008, em blocos casualizados, com quatro repetições, em Tangará da Serra, Mato Grosso. Os genitores ‘UEL 1’ e ‘Novirex,’ são os mais indicados para compor programas de melhoramento que visem obter populações promissoras para o desenvolvimento de linhagens superiores. As combinações ‘Manteiga Baixo’ x ‘Novirex’ e ‘Manteiga Baixo’ x ‘UEL 1’ foram as que mais se destacaram para a maioria das características agronômicas avaliadas com relação aos valores da capacidade específica de combinação, além de terem como genitores ‘UEL 1’ e ‘Novirex’ que tiveram as melhores médias e os melhores valores da capacidade geral de combinação.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*. Análise dialélica. Melhoramento de hortaliças.

**ABSTRACT** - To develop a plant breeding program, information about parentals *per se* performance and also about genotypes combining ability is an important step. Crosses involving snap and common beans are usual in breeding snap beans since both belong to the same species and many times common beans genotypes have interesting traits to be transferred to snap beans. The aim of this work was to evaluate the combining ability among four snap beans and one common bean genotypes considering agronomic traits. The genotypes were chosen based on genetic divergence and desirable agronomic traits. Crosses in a complete diallel without reciprocals design were performed. Eight agronomic traits were evaluated under field conditions from November 2007 to February 2008, in a randomized block design, with four replications, in Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil. The parents ‘UEL 1’ and ‘Novirex’ had the best performance and were indicated to start breeding programs aiming to develop promising populations. The combinations ‘Manteiga Baixo’ x ‘Novirex’ and ‘Manteiga Baixo’ x ‘UEL 1’ had the best results considering Specific Combining Ability. Yet, these combinations were originated from ‘UEL 1’ and ‘Novirex’, the two parents with superior General Combining Ability and also the best mean values.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*. Diallel analysis. Vegetable breeding.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 25/01/2011; aprovado em 09/01/2012

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, LMGV/CCTA/UENF

<sup>2</sup>Departamento de Agronomia/Universidade do Estado de Mato Grosso, Rod. MT 358 km 07, s/n, Tangará da Serra-MT, 78.300-000, krause@unemat.br

<sup>3</sup>Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal/Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias/Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes-RJ, 28.015-620, rosana@uenf.br; nilton@uenf.br

## INTRODUÇÃO

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. é extremamente diversificada em termos de métodos de cultivo e uso, podendo ser plantada em diferentes ambientes e cultivada desde o nível do mar a altitudes acima de 3.000 metros, tanto em monocultura quanto consorciada ou em rotação com outras espécies. Desta espécie fazem parte tanto o feijão comum quanto o feijão-de-vagem. O feijão comum se caracteriza por seu produto final ser o grão e por isso as vagens são colhidas secas. Já o feijão-de-vagem é consumido quando as vagens ainda estão verdes (BROUGHTON *et al.*, 2003). Como ambos são da mesma espécie e, portanto, de fácil cruzamento, muitas vezes num programa de melhoramento específico para vagem faz-se uso da hibridação entre genótipos de feijão-de-vagem e feijão comum, principalmente buscando fontes de resistência a doenças neste último, devido à estreita base genética do feijão-de-vagem (RODRIGUES *et al.*, 1998; RODRIGUES *et al.*, 1999).

Em países mais desenvolvidos, as cultivares arbustivas de feijão-de-vagem são adaptadas à mecanização intensiva, da semeadura até a colheita, com custo de produção reduzido (PINTO *et al.*, 2001). Neste contexto, o cultivo dessas cultivares pode ser uma alternativa para a indústria, desde que haja disponibilidade de genótipos que produzam vagem de boa qualidade para o consumo in natura, congelada ou industrializada, o que é comum em vários países do mundo (FERREIRA *et al.*, 2006; TRAKAMAVRONA *et al.*; 2000; ZDRAVKOVIĆ *et al.*, 2005). No Brasil, o feijão-de-vagem de hábito determinado é cultivado em pequenas propriedades e tem grande potencial de uso, tanto em rotação de culturas quanto em consórcio.

Num programa de melhoramento, estudos genéticos são básicos para a definição dos métodos de melhoramento a serem adotados (BEZERRA NETO *et al.*, 2010). Entre os métodos biométricos para a análise genética, o dialelo tem importância especial (GONÇALVES-VIDIGAL *et al.*, 2007), isso porque possibilita a obtenção de informações com base no comportamento “*per se*” de um grupo de genitores e, principalmente, por considerar sua capacidade de combinação (LEDO *et al.*, 2003). Existem vários métodos usados na análise de cruzamentos dialélicos, sendo que o método proposto por Griffing (1956) é um dos mais empregados. Esse método gera informações a respeito da capacidade geral de combinação dos genitores (CGC), que é função da concentração de genes predominantemente aditivos, e da capacidade específica de combinação (CEC), decorrente da concentração de genes basicamente de efeito não aditivo (JUNG *et al.*, 2007). Em feijão-de-vagem, a análise genética por meio do dialelo tem sido utilizada para características agrônomicas (RAINEY; GRIFFITHS, 2005; SILVA *et al.*, 2004; ZDRAVKOVIĆ *et al.*; 2005).

O Estado de Mato Grosso, apesar de ser o maior produtor de grãos do país, é deficiente na produção de hortaliças. Cerca de 75% das hortaliças consumidas no estado vem de outros estados (SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO RURAL, 2009). Além disso, o estado carece de estudos com hortaliças visando o aumento de produtividade das mesmas e o incentivo ao plantio, propiciando hortaliças com menor custo ao consumidor.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade combinatória entre genitores e híbridos de feijão-de-vagem, por meio de análise dialélica, quanto aos caracteres agrônômicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

A obtenção das sementes híbridas foi realizada por meio de cruzamentos considerando-se o esquema de dialelo completo (sem recíprocos), a partir da utilização de quatro genitores de feijão-de-vagem (‘Novirex’ - N, ‘Manteiga Baixo’ - M, ‘Cota’ - C e ‘UEL 1’ - U) e um genitor de feijão comum (‘IAC Carioca Tybatã’ - I). Os genótipos Novirex, Manteiga Baixo e UEL 1 possuem vagem do tipo macarrão e a Cota do tipo manteiga. Os genótipos Cota, Manteiga Baixo e UEL 1 possuem cor de flor branca e cor de semente branca enquanto o genótipo Novirex possui cor de flor lilás e cor de semente preta. Todos os genótipos de feijão-de-vagem possuem vagem verde e hábito de crescimento determinado. Os genótipos de feijão-de-vagem foram escolhidos com base em análise de divergência genética realizada por Krause *et al.* (2009b) e o feijão comum escolhido por possuir resistência à murcha-de-curtobacterium (KRAUSE *et al.*, 2009a). As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 5,0 L de terra em condições de casa-de-vegetação. Foram realizados quatro plantios escalonados dos genitores nos dias 09, 17 e 24/04/2007 e 04/05/2007, para garantir coincidência no florescimento e aumentar o período de realização de cruzamentos. Foram realizados 2.066 cruzamentos no período de 11/05/2007 a 17/06/2007, pela manhã (6 às 10 h) e à tarde (17 às 18 h). Foi utilizada a técnica de hibridação por emasculação com estigma coberto, que consiste em emasculando o botão floral do genitor feminino e logo polinizar, mantendo as alas para a proteção do botão. Para verificar as possíveis contaminações (sementes oriundas de autofecundações), foram utilizados alguns marcadores morfológicos, isolados ou em associação (dependendo do cruzamento), como a cor da flor e da semente e o tipo de vagem (achatada ou redonda).

O experimento foi conduzido nas condições de campo no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2008 na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), localizada no município

de Tangará da Serra - MT, a 320 m de altitude, 14,39° latitude Sul e 57,25° de longitude Oeste.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Devido a perda das combinações NxI, CxI e MxI, por não germinarem em todas as repetições, foram avaliados 12 tratamentos, sendo cinco pais e sete híbridos F<sub>1</sub>'s. As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de 3,0 metros de comprimento, espaçadas de 0,80 m, sendo a densidade de plantio de cinco sementes por metro.

A adubação de plantio foi realizada no sulco no momento da sementeira, de acordo com a análise de solo, utilizando-se 280 g de superfosfato simples, 18 g de uréia e 22 g de cloreto de potássio por linha de 3,0 m. Foram realizadas duas adubações de cobertura, sendo a primeira aos 30 dias após a emergência, utilizando 22 g de uréia e 32 g de cloreto de potássio por linha e a segunda aos 60 dias, utilizando 40 g de uréia e 57 g de cloreto de potássio por linha. Os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura de feijão-de-vagem (FILGUEIRA, 2008).

As características avaliadas foram: dias para o florescimento (DF), contando-se o número de dias a partir do plantio até o florescimento, observado quando pelo menos 50% das plantas da parcela tinham flores recém abertas; altura média de plantas (AP), que corresponde à distância do colo até o final da haste principal, na data da última colheita, em uma amostra de 15 plantas por parcela, expressa em cm; comprimento médio da vagem (CMV), medida longitudinal das vagens, feita com o auxílio de régua graduada, em uma amostra de 50 vagens por parcela, expressa em cm; diâmetro da vagem (DV), obtido pela medição da seção transversal da vagem, com o auxílio de paquímetro digital, em uma amostra de 50 vagens por parcela, expressa em mm; número de vagens total (NV), obtido pela contagem de todas as vagens da parcela; peso de vagem (PV), peso total das vagens da parcela, expresso em gramas; e, número de sementes por vagem (NSV), obtido pela contagem das sementes produzidas por vagem, em uma amostra de 50 vagens por parcela. As características CMV, DV, NV, PV e NSV foram medidas após a colheita das vagens. O teor de fibra nas vagens (TF) foi obtido a partir de 10 gramas de vagens "in natura", sendo última característica obtida da seguinte forma: as vagens foram trituradas por três minutos em liquidificador; em seguida, as amostras foram colocadas em peneiras de 30 *mesh* e lavadas em água corrente. Posteriormente, as amostras foram lavadas com acetona (100%) e secas em estufa a 105 °C por cerca de uma hora, procedendo-se em seguida a pesagem do material.

Todas as variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância e, posteriormente, ao teste de agrupamento de Scott-Knott. A análise foi realizada

considerando-se como fixo a fonte de variação genótipos e aleatório para o bloco e o erro experimental. A análise da capacidade combinatória foi realizada de acordo com o Método 2 de Griffing (1956), onde são avaliadas as  $p(p + 1)/2$  combinações correspondentes aos parentais e seus cruzamentos, excluindo-se os recíprocos. Foi considerado que os genitores são de efeito fixo e apenas o erro experimental é de efeito aleatório, sendo as conclusões limitadas aos genótipos em estudo no presente trabalho. As análises dialélicas foram realizadas a partir das médias das repetições, obtidas na análise de variância preliminar para as características avaliadas. As análises estatísticas empregadas neste trabalho foram realizadas com o auxílio do programa SAS® (SAS INSTITUTE, 1995) e do programa GENES (CRUZ, 2006a, 2006b).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença altamente significativa para as características dias para o florescimento (DF), peso de vagem (PV), número de vagens por parcela (NV), comprimento de vagem (CMV), diâmetro de vagem (DV), número médio de sementes por vagem (NS), altura de planta (AP) e teor de fibra (TF) (Tabela 1). Evidencia-se, assim, a existência de variabilidade genética nas cultivares usadas como genitores que, em trabalhos dessa natureza, é de fundamental importância.

Os coeficientes de variação (CV) para a maioria das características agronômicas avaliadas foram menores que 10%, indicando boa precisão experimental, exceto para PV, NV e TF, que alcançaram 38,54; 36,29 e 20,06%, respectivamente. Estes resultados de CV mais elevados são em geral esperados para os caracteres ligados à produção, como é o caso de peso e número de vagens, controladas por vários genes e por isso mais influenciados pelo ambiente. Os valores de CV aqui obtidos são semelhantes às médias de estimativas de coeficientes de variação relatados em outros experimentos com a cultura do feijão-de-vagem (SILVA *et al.*, 2004). Sabe-se que quanto menor o erro experimental mais confiável serão as decisões tomadas pelo melhorista quanto às escolhas das populações que irão dar continuidade ao programa de seleção.

A análise das médias dos tratamentos feita com o teste de Scott-Knott (Tabela 2) permitiu observar que a cultivar IAC Carioca Tibatã foi a mais tardia, florescendo aos 54 dias após a sementeira.

As cultivares de feijão-de-vagem Manteiga Baixo (M) e Cota (C), bem como o híbrido envolvendo as duas cultivares (MxC) e o híbrido Manteiga Baixo x Novirex foram classificadas em um grupo intermediário em termos de precocidade de florescimento, pois

**Tabela 1** - Resumo da análise de variância para oito características agronômicas avaliadas em combinações híbridas e respectivos genitores, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

FV	GL	QM características agronômicas							
		DF <sup>(1)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
Blocos	3	2,58	449776,72	14483,40	0,13	0,06	0,005	5,23	0,0017
Genótipos	11	82,62**	1548923,33**	47021,97**	12,06**	3,71**	0,724**	110,16**	0,0111**
Resíduo	33	7,25	221614,62	7096,66	0,45	0,36	0,12	6,65	0,0013
Total	47	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	-	43,79	1221,59	232,15	12,24	9,41	4,94	35,23	0,18
CV (%)	-	6,15	38,54	36,29	5,50	6,34	7,02	7,32	20,06

\*\*Significativo, ao nível de 1%, pelo teste F <sup>(1)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g)

**Tabela 2** - Valores médios dos genitores e respectivos híbridos F<sub>1s</sub> para oito características agronômicas avaliadas em combinações híbridas e respectivos genitores, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

Genótipos <sup>(1)</sup>	Características avaliadas							
	DF <sup>(2)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
M	47,50 b <sup>(3)</sup>	333,19 c	54,50 c	12,02 b	8,92 b	4,62 b	36,90 b	0,140 c
C	49,00 b	1098,67 b	175,25 b	12,84 b	10,87 a	4,81 b	38,01 b	0,143 c
U	39,00 c	1197,66 b	296,50 a	10,92 c	9,69 b	4,74 b	28,88 c	0,143 c
N	43,00 c	265,19 c	51,00 c	13,83 a	8,42 b	3,90 c	36,24 b	0,235 a
I	53,75 a	504,92 c	145,50 b	8,57 e	9,27 b	5,43 a	49,00 a	0,260 a
M x C	47,00 b	1274,91 b	196,25 b	13,13 b	9,49 b	4,80 b	36,50 b	0,105 c
M x U	41,25 c	1738,86 a	291,25 a	12,45 b	9,20 b	4,95 b	32,14 c	0,128 c
M x N	49,50 b	2216,19 a	343,50 a	14,15 a	8,43 b	5,30 a	33,61 b	0,193 b
C x U	39,75 c	1172,65 b	223,00 b	12,39 b	11,66 a	5,02 b	31,06 c	0,158 c
C x N	42,50 c	2003,88 a	348,00 a	14,03 a	9,02 b	5,40 a	34,22 b	0,188 b
U x N	39,75 c	1611,31 a	333,50 a	12,94 b	8,69 b	5,03 b	29,92 c	0,213 b
U x I	42,50 c	1241,66 b	327,50 a	9,63 d	9,34 b	5,29 a	36,27 b	0,260 a

<sup>(1)</sup>Manteiga Baixo (M); Cota (C); UEL 1 (U); Novirex (N); IAC Carioca Tybatã (I) <sup>(2)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g) <sup>(3)</sup>As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5%

floresceram no intervalo de 47-49 dias após a semeadura, portanto, cerca de uma semana antes da cultivar IAC Carioca Tybatã. As cultivares UEL 1 (U) e Novirex (N) e os híbridos MxU, CxU, CxN, UxN e UxI foram consideradas mais precoces em termos de início de florescimento, variando entre 39 dias para 'UEL 1' e 43 dias para 'Novirex'. Todas as combinações produzidas por 'UEL 1' foram classificadas na categoria de maior precocidade. A variação entre a cultivar mais tardia e a mais precoce foi de 15 dias, tempo razoável quando se considera que o feijão-de-vagem é uma cultura de ciclo curto. Em geral, a ampliação do ciclo cultural resulta

em maior custo de mão-de-obra e maior consumo de defensivos, devido à maior ocorrência de pragas e doenças (PEIXOTO *et al.*, 2002).

Em termos de produção de vagens avaliada tanto pelo peso (g) quanto pelo número, os tratamentos foram separados em três classes. Considerando-se o peso das vagens por parcela, os híbridos MxN, MxU, CxN e UxN foram classificados como sendo os mais produtivos, com pesos variando entre 2.216,19 g (4.617 kg ha<sup>-1</sup>) (MxN) e 1.611,31 g (3.357 kg ha<sup>-1</sup>) (UxN). O segundo grupo com maior produção em peso foi constituído pelas

cultivares Cota e UEL 1 e os híbridos MxC, CxU e UxI, com pesos variando entre 1.098,67 g (2.289 kg ha<sup>-1</sup>) (Cota) e 1.274,91 g (2.656 kg ha<sup>-1</sup>) (MxC). As cultivares Manteiga Baixo, Novirex e IAC Carioca Tybatã foram as que produziram menores pesos de vagem, com valores entre 265,19 g (552 kg ha<sup>-1</sup>) (Novirex) e 504,92 g (1.052 kg ha<sup>-1</sup>) (IAC Carioca Tybatã). A cultivar Novirex que esteve envolvida na produção de três dos quatro híbridos mais produtivos, foi a que obteve a menor produção em peso de vagem.

Em experimentos realizados em Minas Gerais, a cultivar Novirex obteve produtividades de vagem que variaram de 7.400 a 10.100 kg ha<sup>-1</sup> (PINTO *et al.*, 2001). Na região de Seropédica-RJ, a cultivar Novirex alcançou 9.500 kg ha<sup>-1</sup>, a 'Cota' 8.200 kg ha<sup>-1</sup> e a 'UEL 1' 8.100 kg ha<sup>-1</sup> (GUEDES *et al.*, 2007). Em dois experimentos realizados no município de Campos dos Goytacazes-RJ, a cultivar Cota obteve 3.900 e 2.639 kg ha<sup>-1</sup> e a Cultivar Manteiga Baixo obteve 3.652 e 2.942 kg ha<sup>-1</sup> (TEIXEIRA *et al.*, 2004). Considerando-se o número de vagens a cultivar Cota e os híbridos MxN, MxU, CxN, UxN e UxI foram os que tiveram maior número de vagens.

O maior número de grupos formados foi para a característica CMV, sendo cinco grupos. A cultivar Novirex (13,83 cm) e os híbridos MxN (14,15 cm) e CxN (14,03 cm) foram as que tiveram maior comprimento de vagem, sendo que ambos os híbridos possuem como um dos seus genitores a cultivar Novirex. Para a característica DV, os maiores valores foram para a cultivar Cota (10,87 mm) e para o híbrido CxU (11,66 mm).

As menores alturas de plantas foram para a cultivar Uel 1 (28,88 cm) e para os híbridos MxU (32,14 cm), CxU (31,06cm) e UxN (29,92 cm). Plantas de maior altura acarretam maior dificuldade de manejo e de colheita (PEIXOTO *et al.*, 2002), por isso, plantas com altura mais baixa são desejadas. Com relação à característica TF, buscaram-se cultivares com menores teores de fibras

na vagem. Neste contexto, as cultivares Manteiga Baixo (0,14 g), Cota (0,143 g) e UEL 1 (0,143 g) e os híbridos MxC (0,105 g), MxU (0,128 g) e CxU (0,158 g) tiveram os menores valores. Teixeira *et al.* (2004) encontraram o valor de teor de fibras na vagem de 0,13 g para a cultivar Cota, sendo semelhante ao observado neste trabalho. O baixo teor de fibra na vagem é fundamental na qualidade do produto (ABREU *et al.*, 2004).

As análises dialélicas demonstraram que ocorreram diferenças significativas entre os genitores para a capacidade geral de combinação (CGC) ao nível de 1% de probabilidade para as características DF, CMV, DV, AP e TF e, ao nível de 5% de probabilidade, para as características PV, NV e NSV (Tabela 3). Com relação à capacidade específica de combinação (CEC), houve significância ao nível de 1% para as características PV, NV, DV e NSV e, 5% para DF.

As características CMV, AP e TF não foram significativas somente para CEC. As significâncias observadas para a grande maioria das características indicam a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos no controle das características avaliadas, exceto para CMV, AP e TF, em que predominaram apenas efeitos gênicos aditivos (Tabela 3).

Os valores das médias dos quadrados dos efeitos da capacidade geral de combinação foram superiores aos correspondentes da capacidade específica de combinação para as características DF, CMV, DV, AP, TF e menores para PV, NV e NSV. Esta análise indica que, no controle genético destas últimas características, estaria envolvida interação alélica com algum grau de dominância e/ou presença de epistasia (LANKEY; EDWARDS, 1999).

Silva *et al.* (2004) empregaram o método de Griffing (1956) em cinco acessos de feijão-de-vagem de

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância para a capacidade combinatória de oito características agrônômicas avaliadas em dialelo entre cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

FV	GL	QM características agrônômicas							
		DF <sup>(1)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
Gen	11	82,63**	1548923,33**	47021,97**	12,06**	3,71**	0,72**	110,16**	0,011**
CGC	4	168,62**	643679,37*	22922,65*	30,61**	8,67**	0,32*	260,40**	0,028**
CEC	7	21,69*	2087017,9**	55450,16**	1,03 <sup>ns</sup>	1,28**	0,81**	9,94 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Res	33	7,25	221614,62	7096,67	0,45	0,36	0,12	6,65	0,0013

<sup>ns</sup>, \*, \*\* Não significativo e significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F<sup>(1)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g)

hábito indeterminado, para as características número e peso médio de vagens por planta, número médio de sementes por vagem, altura média da inserção da primeira vagem e comprimento médio de vagem. Esses autores verificaram que as significâncias registradas para a grande maioria das características indicaram a existência de variabilidade, resultantes da ação de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos.

As estimativas de CGC proporcionam ao melhorista obter informações sobre a concentração de alelos favoráveis. Quanto maior a estimativa da CGC maior será a frequência de alelos favoráveis. Depreende-se que as populações originadas de cruzamentos entre pais que têm alta CGC possuem maior frequência de alelos favoráveis e, assim, aumentam a probabilidade de se encontrar linhagens que superem os genitores. Dessa forma, na escolha das populações, busca-se por cruzamentos que apresentem média elevada e que pelo menos um dos genitores possua alto valor absoluto da CGC.

Nota-se que as características para as quais se buscam as maiores médias, como PV, NV, CMV, DV e NSV, foram oriundas de cruzamentos em que pelo menos um dos pais obteve valores positivos da CGC (Tabela 4).

Para as características em que se buscam as menores médias, ou seja, sugerindo a redução da característica, como DF, AP e TF apresentaram pelo menos um dos pais com valores negativos da CGC (Tabela 4). Caracteriza-se, assim, que, na predominância de efeitos aditivos, o cruzamento de indivíduos que possuam alta CGC, ou seja, alta concentração de alelos favoráveis proporciona o desenvolvimento de populações híbridas com médias elevadas. Observou-se que, para a característica DF, os genitores 'UEL 1' e 'Novirex' obtiveram estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ , sendo -3,3746 e -1,4292, respectivamente (Tabela 4). Isso indica que na realização de cruzamentos e obtenção de linhagens superiores, estes genitores contribuiriam para obtenção de indivíduos mais precoces para a colheita.

A precocidade numa cultivar é importante visto que, quanto menor o tempo em que a cultura permanecer no campo, menores serão os gastos com mão-de-obra e insumos para a sua manutenção, além de reduzir o período em que ela estará propensa ao ataque de pragas e doenças (PEIXOTO *et al.*, 2002). Os genitores 'UEL 1' e 'Novirex' também foram os melhores para as características PV e NV. Eles obtiveram as maiores estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  para essas duas características. Logo, eles seriam os mais indicados para cruzamentos com o objetivo de obter populações promissoras para o desenvolvimento de linhagens com maior número de vagens e peso de vagem. Os genitores 'Manteiga Baixo', 'Cota' e 'IAC Carioca Tybatã' revelaram estimativas negativas de  $\hat{g}_i$  (Tabela 4), tornando-se, pois, indesejáveis em programas que visem a aumentos no número de vagens e peso de vagem.

Para a característica comprimento de vagem (CMV), os genitores 'Manteiga Baixo', 'Cota' e 'Novirex' tiveram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$ , sendo 0,287; 0,4464 e 1,0845, respectivamente. Assim, estes genitores contribuíram para o aumento do tamanho da vagem. Os genitores 'UEL 1' e 'IAC Carioca Tybatã' obtiveram estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ , contribuindo para a redução do comprimento de vagens. Os genitores 'Cota' e 'IAC Carioca Tybatã' apresentaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  para a característica NSV. Portanto, estes genitores tendem a proporcionar linhagens com maior número de sementes por vagem. Entretanto, os genitores 'Manteiga Baixo', 'UEL 1' e 'Novirex' contribuíram negativamente para esta característica, reduzindo o número de sementes por vagem.

Referindo-se a característica altura de planta (AP), os genitores 'UEL 1' e 'Novirex' tiveram estimativas negativas de  $\hat{g}_i$ , contribuindo, assim, para a redução da altura das plantas. Por sua vez, os genitores 'Manteiga Baixo', 'Cota' e 'IAC Carioca Tybatã' contribuíram para o aumento da característica.

**Tabela 4** - Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para oito características agrônômicas avaliadas em cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

Genótipos	Características avaliadas							
	DF <sup>(1)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
Manteiga Baixo	1,20	-4,89	-33,44	0,29	-0,40	-0,068	0,65	-0,033
Cota	1,70	-8,15	-19,19	0,45	0,85	0,027	0,81	-0,026
UEL 1	-3,37	74,54	45,10	-0,53	0,35	-0,029	-3,92	-0,006
Novirex	-1,43	128,46	14,19	1,08	-0,77	-0,073	-0,63	0,033
IAC Carioca Tybatã	4,31	-341,45	-26,13	-1,98	-0,18	0,239	6,46	0,054

<sup>(1)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g)

No que diz respeito à característica TF, as estimativas negativas de  $\hat{g}_i$  caracterizam os melhores resultados, ou seja, indicam genitores que contribuem para a redução no teor de fibra das vagens, sendo ideal para o mercado consumidor de feijão-de-vagem. As estimativas negativas de  $\hat{g}_i$  foram apresentadas pelos genitores 'Manteiga Baixo', 'Cota' e 'UEL 1'.

As estimativas da capacidade específica de combinação (CEC) são as medidas dos efeitos gênicos não-aditivos e dependem da divergência genética e de genes que apresentem efeitos de dominância e/ou de epistasia (CRUZ *et al.*, 2004). Dessa forma, é esperado que quanto maior a CEC, maior é a frequência dos locos em heterozigose no híbrido considerado. Espera-se, assim, que os cruzamentos que tiverem altas estimativas de CEC serão capazes de liberar maior variabilidade, após algumas gerações de autofecundação, o que é essencial para o processo de seleção (ABREU *et al.*, 2004).

Carvalho *et al.* (1999) avaliaram a capacidade de combinação para oito características, utilizando as cultivares de feijão-de-vagem de crescimento determinado 'Alessa', 'Andra', 'Cota' e 'Cascade'. Constatou-se que para a capacidade específica de combinação houve significância para as características número de vagens, peso de vagens, comprimento e diâmetro das vagens, número de dias para o início e o término do florescimento e altura de plantas, indicando que genes de dominância e/ou epistasia estavam envolvidos no controle das características.

Quanto às estimativas de  $\hat{S}_{ii}$ , Cruz *et al.* (2004) ressaltam a sua importância com relação ao seu significado genético, tanto no seu sinal quanto na sua magnitude. A magnitude de  $\hat{S}_{ii}$  é indicativo de existência de heterose varietal, sendo que quanto maior o valor de  $\hat{S}_{ii}$ , mais distante estará o genitor *i* da frequência média dos demais genitores incluídos no dialelo. Com isto, tem-se uma maior divergência entre este genitor e os demais parentais e conseqüentemente, maiores serão os efeitos da heterose varietal nos híbridos oriundos do genitor *i*. O sinal de  $\hat{S}_{ii}$  indica existência, ou não, de dominância unidirecional. Assim, se  $\hat{S}_{ii}$  for negativo, os desvios de dominância serão positivos e, nesse caso, os genes dominantes contribuem para aumentos na expressão da característica. Quando os sinais de  $\hat{S}_{ii}$  forem negativos para alguns genitores e positivos para outros, haverá expressão de dominância bidirecional (CRUZ *et al.*, 2004).

Para as características DF e AP todos os genitores tiveram valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  (Tabela 5), evidenciados nos valores negativos das heteroses percentuais dos híbridos (Tabela 6). Do mesmo modo descrito para a CGC, valores negativos de heterose são os mais promissores, visto que se buscam genótipos mais precoces (DF) e com menor altura de planta (AP).

Os valores de baixa magnitude encontrados para a heterose em relação às características DF e AP indicam que os efeitos gênicos aditivos são os mais importantes para essas características. Para a característica TF os genitores

**Tabela 5** - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{S}_{ii}$  e  $\hat{S}_{ij}$ ) para oito características agronômicas avaliadas em combinações híbridas, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

Genótipos <sup>(1)</sup>	Características avaliadas							
	DF <sup>(2)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
M	1,76	-1005,22	131,77	0,88	0,31	0,274	0,68	0,0235
C	2,26	-233,22	-39,52	-0,38	-0,24	-0,262	1,47	0,0122
U	2,40	-299,60	-46,84	-0,35	-0,40	-0,214	1,82	-0,0267
N	2,51	-1339,92	-230,52	-0,67	0,56	-0,974	2,61	-0,0128
I	1,78	-160,38	-55,39	0,20	0,23	-0,065	1,17	-0,0303
M x C	0,76	-60,23	-4,27	0,08	-0,36	-0,175	0,12	-0,0188
M x N	-2,61	744,43	109,60	0,45	0,19	0,421	-1,32	0,0103
M x U	0,08	321,03	26,44	0,36	-0,15	0,028	0,51	-0,0154
C x U	-1,92	-241,92	-56,06	0,14	1,06	0,003	-0,73	0,0077
C x N	-1,11	535,38	99,85	0,17	-0,47	0,435	-0,87	-0,0015
U x N	1,21	60,12	21,07	0,05	-0,29	0,118	-0,43	0,0040
U x I	-1,78	160,38	55,39	-0,20	-0,23	0,065	-1,17	0,0303

<sup>(1)</sup>Manteiga Baixo (M); Cota (C); UEL 1 (U); Novirex (N); IAC Carioca Tybatã (I) <sup>(2)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g)

**Tabela 6** - Heterose percentual em relação à média dos pais ( $H_{MP}$ ) para oito características agrônomicas avaliadas em combinações híbridas, resultantes dos cruzamentos dialélicos entre cinco cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. Tangará da Serra - MT, 2008

Genótipos <sup>(1)</sup>	Características avaliadas							
	DF <sup>(2)</sup>	PV	NV	CMV	DV	NSV	AP	TF
M x C	-2,59	43,84	41,46	5,33	-4,26	1,77	-2,62	-34,76
M x N	8,59	86,45	66,56	8,66	-2,85	19,62	-8,81	2,85
M x U	-4,85	55,98	39,74	7,87	-1,14	5,45	-2,33	-10,55
C x U	-10,69	2,09	-5,77	4,05	11,84	4,88	-7,68	9,49
C x N	-8,24	65,97	67,49	4,95	-6,93	19,35	-8,49	-0,53
U x N	-3,14	54,61	47,90	4,37	-4,20	14,12	-8,82	11,27
U x I	-9,12	31,44	32,52	-1,19	-1,50	3,88	-7,36	22,50

<sup>(1)</sup>Manteiga Baixo (M); Cota (C); UEL 1 (U); Novirex (N); IAC Carioca Tybatã (I) <sup>(2)</sup>DF: dias para o florescimento; PV: peso de vagem em gramas por parcela; NV: número de vagens por parcela; CMV: comprimento de vagem em cm; DV: diâmetro de vagem em mm; NSV: número médio de sementes por vagem; AP: altura de planta em cm; TF: teor de fibra na vagem (g)

‘Manteiga Baixo’ e ‘Cota’ obtiveram valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  e os demais valores negativos. Já para a característica DV, os genitores ‘Cota’ e ‘UEL 1’ obtiveram valores negativos de  $\hat{S}_{ii}$  e os demais valores positivos. Isto demonstra que há uma expressão de dominância bidirecional.

Todos os genitores expressaram estimativas negativas de  $\hat{S}_{ii}$  para as características PV, NV, NSV e CMV (Tabela 5), indicando que os genes de efeito dominante contribuem para aumentar sua expressão, caracterizando o grande número de valores heteróticos positivos apresentados na Tabela 6.

Para a característica PV, as maiores magnitudes heteróticas foram expressas pelas combinações MxN, CxN, MxU, UxN e MxC, com os respectivos valores para  $H_{MP}$  (%) de 86,45; 65,97; 55,98; 54,61 e 43,84 (Tabela 6). Para a característica NV, essas mesmas combinações com os seguintes valores da  $H_{MP}$  (%), 66,56; 67,49; 39,74; 47,90 e 41,46, respectivamente. Com relação à característica NSV, as combinações MxN, CxN e UxN obtiveram os valores da  $H_{MP}$  (%) de 19,62; 19,35 e 14,12, respectivamente. Já para a característica CMV, os valores da  $H_{MP}$  (%) foram baixos.

As altas estimativas absolutas de  $\hat{S}_{ij}$  (Tabela 5) indicam que o desempenho de um híbrido em particular é melhor ou pior em relação ao esperado com base na CGC dos genitores, enquanto os valores de pequena magnitude indicam que os híbridos  $F_1$ 's, entre os pais em questão, apresentam comportamento esperado com base na CGC dos genitores. Para algumas características avaliadas, como PV, NV, CMV, DV e NSV, interessam estimativas positivas de  $\hat{S}_{ij}$  e para as características DF, AP e TF estimativas negativas de  $\hat{S}_{ij}$ , contribuindo para redução da característica.

As combinações que se destacaram, para as características PV e NV, foram CxN, MxN e MxU. Isto

demonstra que os genitores Novirex e UEL 1, destacados pelos valores de  $\hat{g}_i$  (Tabela 4), realmente podem gerar indivíduos superiores para as características peso de vagem e número total de vagens, visto que pelo menos um dos pais participa das combinações apresentadas.

As combinações MxN e MxU apresentaram-se superiores em relação às demais, para a característica CMV. Os genitores que apresentaram estimativas positivas de  $\hat{g}_i$  (CGC) foram ‘Novirex’ e ‘Manteiga Baixo’, indicando que os híbridos  $F_1$ 's contiveram valores superiores aos esperados com base na CGC dos genitores.

Com relação ao diâmetro de vagem (DV), a melhor combinação, de acordo com a Tabela 5, com estimativas positivas de  $\hat{S}_{ij}$ , foi a combinação CxU, em que ambos os genitores apresentaram valores altos e positivos de  $\hat{S}_i$  (Tabela 4). Para a característica NSV, as combinações que expressaram as maiores estimativas positivas de  $\hat{S}_{ij}$  foram CxN e MxN.

Em relação às características onde as estimativas de  $\hat{S}_{ij}$  foram mais interessantes, as combinações que se destacaram foram MxN (-2,6114) e CxU (-1,9159) para DF, UxI e MxN para AP e, MxC e MxU para TF. Observou-se que, pelo menos um dos genitores em todas as combinações híbridas apresentadas, destacou-se com valores negativos para a capacidade geral de combinação.

Zdravković *et al.* (2005) avaliaram num dialelo a altura da inserção da primeira vagem com genitores de feijão-de-vagem e observaram a ação de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos no controle desta característica. Também identificaram a combinação híbrida entre os genitores ‘Sumadinka’ x ‘Zora’ como sendo a mais promissora.

Rainey e Griffiths (2005) selecionaram dez genitores de feijão-de-vagem diferentes quanto à tolerância à temperatura para analisarem num dialelo.

Foram utilizados os componentes de produção (número de vagens, número de sementes e número de sementes por vagem) para medir esta tolerância. Verificou-se que essas características foram altamente significativas para a capacidade geral e significativa para capacidade específica de combinação, indicando à contribuição a ação dos efeitos genéticos aditivos e não-aditivos para a tolerância ao calor e que as características número de vagens, número de sementes e número de sementes por vagem foram bons indicadores neste estudo.

## CONCLUSÃO

1. Considerando as características agronômicas de uma forma geral, pode-se concluir que os genitores 'UEL 1' e 'Novirex' são os mais indicados para compor programas de melhoramento que visem obter populações promissoras para o desenvolvimento de linhagens superiores;
2. As combinações MxN e MxU foram as que mais se destacaram para a maioria das características agronômicas avaliadas com relação aos valores da CEC, além de terem como genitores UEL 1 e Novirex, que tiveram as melhores médias e os melhores valores da CGC.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Nei Peixoto (UEG) e ao pesquisador Alisson Fernando Chiorato (IAC) pelo envio de sementes de feijão-de-vagem e comum.

## REFERÊNCIAS

ABREU, F. B. *et al.* Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 03, p. 547-552, 2004.

BEZERRA NETO, F. V. Descritores quantitativos na estimativa da divergência genética entre genótipos de mamoneira utilizando análises multivariadas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 02, p. 294-299, 2010.

BROUGHTON, W. J. *et al.* Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 01, p. 55-128, 2003.

CARVALHO, A. C. P. P. *et al.* Capacidade de combinação para oito caracteres agronômicos em cultivares de feijão de vagem de crescimento determinado. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 02, p. 102-105, 1999.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2006a. 648 p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Biometria**. Viçosa: UFV, 2006b. 382 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480 p. v. 1.

FERREIRA, M. E. *et al.* Predicting pod quality of green beans for processing. **Scientia Horticulturae**, v. 109, n. 03, p. 207-211, 2006.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. *et al.* Genetic control on the performance of common bean differential cultivars to *Colletotrichum lindemuthianum* races. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 04, p. 579-586, 2007.

GRIFFING, B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, v. 10, p. 31-50, 1956.

GUEDES, R. E. *et al.* **Avaliação de cultivares de feijão-de-vagem de crescimento determinado sob manejo orgânico, nas condições da baixada fluminense**. Seropédica: EMBRAPA-RJ, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 102).

JUNG, M. S. *et al.* Capacidade de combinação por meio de análise multivariada para caracteres fenotípicos em maracujazeiro-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 05, p. 689-694, 2007.

KRAUSE, W. *et al.* Identificação de fontes de resistência e avaliação de métodos de inoculação de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* em feijão-de-vagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1901-1907, 2009a.

KRAUSE, W. *et al.* Genetic divergence in snap bean based on agronomic traits and resistance to bacterial wilt. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, p. 252-258, 2009b.

LANKEY, K. R.; EDWARDS, J. W. Quantitative genetics of heterosis. *In*: COORS, J. G.; PANDEY, S. **Genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madson: American Society of Agronomy, 1999. p. 31-38

LEDO, C. A. S.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Análise de variância multivariada para os cruzamentos dialélicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 06, p. 1214-1221, 2003.

PEIXOTO, N. *et al.* Características agronômicas, produtividade, qualidade de vagens e divergência genética em feijão-de-vagem de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 03, p. 447-451, 2002.

PINTO, C. M. F. *et al.* Idade de colheita do feijão-de-vagem anão cultivar Novirex. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 01, p. 163-167, 2001.

RAINEY, K. M.; GRIFFITHS, P. D. Diallel analysis of yield components of snap beans exposed to two temperature stress environments. **Euphytica**, v. 142, n. 01, p. 43-53, 2005.

RODRIGUES, R. *et al.* Análise dialélica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. **Bragantia**, v. 57, p. 241-250, 1998.

RODRIGUES, R. *et al.* Combining ability of *Phaseolus vulgaris* L. for resistance to common bacterial blight. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 04, p. 571-575, 1999.

SAS INSTITUTE. **SAS language and procedures**: usage: version 6. Cary, 1995. 373 p.

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO RURAL. **Levantamento da produção da agricultura familiar**. 2009. Disponível em: <[http://www.seder.mt.gov.br/html/ind\\_modelo.php?CX=noticia\\_miolo&codigoNoticia=1875&f\\_assunto=0&f\\_data=0](http://www.seder.mt.gov.br/html/ind_modelo.php?CX=noticia_miolo&codigoNoticia=1875&f_assunto=0&f_data=0)>. Acesso em: 21 maio 2010.

SILVA, M. P. *et al.* Análise dialélica da capacidade combinatória em feijão de vagem. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 02, p. 77-280, 2004.

TEIXEIRA, A. B. *et al.* Genetic divergence in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluated by different methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 57-62, 2004.

TRAKA-MAVRONA, E. *et al.* An integrated approach of breeding and maintaining an elite cultivar of snap bean. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 05, p. 1020-1026, 2000.

ZDRAVKOVIĆ, M. *et al.* Combining abilities of inheriting first pod height of some french bean lines (*Phaseolus Vulgaris* L.). **Genetika**, v. 37, n. 01, p. 65-70, 2005.