

## Avaliação do Déficit Hídrico Aplicado na Pré-floração na Cultura do Feijoeiro por meio da Análise Dialélica<sup>1</sup>

João Guilherme Ribeiro Gonçalves<sup>2</sup>, Ueliton Messias<sup>3</sup>, Fátima Bosetti<sup>4</sup>, Bianca Aparecida Moraes Baro<sup>5</sup>, Alisson Fernando Chiorato<sup>6</sup>, Sérgio Augusto Morais Carbonell<sup>7</sup>

### Resumo

O trabalho teve como objetivo estudar a capacidade geral de combinação de genitores de feijoeiro e a capacidade específica de combinação dos cruzamentos oriundos destes genitores visando a tolerância à seca. Desta forma, foi conduzido um experimento em condições controladas em casa de vegetação utilizando quatro genitores (BAT 477, SEA 5, IAC Alvorada e IAC Carioca Tybatã) e seus cruzamentos oriundos de um dialelo completo, incluindo os recíprocos. A semeadura foi realizada após o revolvimento do solo e o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições. As plantas foram submetidas ao déficit hídrico na pré-floração, as quais permaneceram nesta condição por um período de 30 dias. Foram avaliados os componentes de rendimento e a produtividade de grãos, a qual foi evidenciada a presença de efeitos aditivos e não-aditivos no controle das características avaliadas. Os genitores SEA 5 e IAC Alvorada, apresentaram maiores efeitos positivos para capacidade geral de combinação para produtividade de grãos e massa de mil grãos e ainda o genitor SEA 5 se destacou com relação ao número de sementes por vagem, sugerindo um incremento nas características nos cruzamentos em que estes genitores estiverem presentes. As combinações SEA 5 x IAC Alvorada, IAC Alvorada x SEA 5 e IAC Alvorada x BAT 477 destacaram-se para produtividade de grãos por apresentarem maiores efeitos positivos para capacidade específica, além de terem como genitores SEA 5 e IAC Alvorada que apresentaram médias satisfatórias para os caracteres de interesse agrônomico.

### Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado a principal fonte de proteína vegetal de consumo direto, uma vez que se faz presente nas refeições diárias dos brasileiros. De acordo com Pinzan, Bulisani and Berti (1994), no estado de São Paulo, pode ser cultivado em três safras de acordo com o zoneamento ecológico da cultura: águas, seca e inverno. Apesar de o Brasil destacar-se na produção mundial de feijão, a produtividade média é considerada baixa, ou seja, 855 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2012). Isso se deve aos fatores bióticos e abióticos, sendo as condições de seca um dos principais fatores restritivos. A produção de grãos em larga escala é essencial para suprir as necessidades de uma população em constante crescimento e o melhoramento genético por meio do desenvolvimento de plantas tolerantes à seca, vem sendo considerado como a “chave” para a sustentabilidade. Quando submetido a condições de restrição hídrica ocorre uma redução da produtividade (Acosta-Díaz, et al. 2009; Blair et al. 2012) e as plantas precisam ajustar-se ao ambiente de estresse, na qual ocorre uma série de modificações fisiológicas e morfológicas nas mesmas para sua sobrevivência.

O planejamento e a execução de um programa de melhoramento necessitam de informações referentes a espécie a ser melhorada, dos métodos de melhoramento e das metodologias de análises. Dentre os métodos de análises genéticas, os estudos por meio de cruzamentos dialélicos possuem importante participação para o melhoramento (Oliveira Júnior, Miranda and Cruz 1997). A análise dialélica fornece estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação bem como no entendimento dos

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado do primeiro autor, financiada pela Fapesp.

<sup>2</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia – IAC/Campinas. Bolsista da Fapesp. e-mail: [jrgoncalves@yahoo.com.br](mailto:jrgoncalves@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Pesquisador da Área de Agricultura de Base Ecológica, EMBRAPA Meio-Norte/UEP de Pamaíba – e-mail: [messias@embrapa.br](mailto:messias@embrapa.br)

<sup>4</sup> Pós-Doutoranda do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio dos Grãos e Fibras do Instituto Agronômico – IAC. e-mail: [fatimabosetti@gmail.com](mailto:fatimabosetti@gmail.com)

<sup>5</sup> Estagiária do Programa de Melhoramento de Feijoeiro do IAC. e-mail: [bianca\\_baro@ig.com.br](mailto:bianca_baro@ig.com.br)

<sup>6,7</sup> Pesquisador Científico do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio dos Grãos e Fibras do Instituto Agronômico – IAC, C.P. 28 – CEP: 13001-970 – Campinas, SP. e-mail: [afchiorato@iac.sp.gov.br](mailto:afchiorato@iac.sp.gov.br) e [carbonel@iac.sp.gov.br](mailto:carbonel@iac.sp.gov.br)

efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. A metodologia de Griffing (1956) é bastante utilizada e permite estimar os efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC). Informações como estas são importantes na tomada de decisão para seleção de genitores com foco no objetivo da pesquisa e seleção das melhores combinações híbridas entre os genitores envolvidos (Cruz, Regazzi and Carneiro 2004).

Sendo assim, o estudo teve como objetivo avaliar quatro genitores de feijoeiro e seus cruzamentos em esquema dialélico para fins de seleção de genótipos tolerantes à seca.

#### **Material e Métodos**

Foram realizadas hibridações em esquema de dialelo completo, incluindo os recíprocos, entre quatro cultivares de feijoeiro, sendo duas desenvolvidas pelo programa de melhoramento do feijoeiro do Instituto Agrônomo - IAC (IAC Alvorada e IAC Carioca Tybatã) e duas cultivares consideradas tolerantes à seca (BAT 477 e SEA 5). Após a obtenção das sementes  $F_1$ , estas foram semeadas e por meio da autofecundação natural foram obtidas as sementes  $F_2$ .

Os quatro genitores e os dez cruzamentos foram avaliados na safra da “seca” no ano agrícola de 2012 sob condições de casa de vegetação com semeadura diretamente no solo. Os cruzamentos SEA 5 x BAT 477 e IAC Alvorada x IAC Carioca Tybatã não estão presentes nas avaliações devido à indisponibilidade de sementes. Foram fornecidas duas irrigações diárias com duração de seis minutos e vazão de  $0,90 \text{ L h}^{-1}$  por sistema automatizado de gotejamento até o momento da restrição hídrica bem como no período posterior ao déficit hídrico e os tratos culturais foram realizados de acordo com as necessidades da cultura.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições e supressão da irrigação a partir da pré-floração (estádio R5). As parcelas foram constituídas por linhas de dois metros de comprimento com  $0,5 \text{ m}$  de espaçamento entre linhas e 13 plantas por metro. As plantas permaneceram sob restrição hídrica por um período de 30 dias. Este período foi estipulado levando em consideração o dia do déficit hídrico máximo, a qual, as plantas apresentavam sintomas de murcha acentuada, elevada abscisão e senescência foliar. Conseqüentemente, apresentavam potencial hídrico foliar próximo a  $-1,5 \text{ MPa}$ , haja vista que de acordo com Boyer (1976), este é ponto limite para recuperação do feijoeiro e potencial matricial do solo apresentando valores próximos a  $-199 \text{ KPa}$  a  $0,40 \text{ m}$  de profundidade, indicando escassez total de água. O potencial hídrico foliar foi avaliado às 5h utilizando-se uma câmara de pressão de Scholander e as leituras do potencial matricial do solo por meio do medidor Watermark. Após este período de deficiência hídrica a irrigação foi retomada até a maturação fisiológica.

Em virtude das condições de estresse, a maturidade fisiológica foi observada aos 70 dias após a semeadura. Neste período (estádio R9) foram coletadas cinco plantas de forma aleatória de cada parcela para obtenção dos componentes de rendimento, ou seja, número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), massa de mil grãos (MMG) e a produtividade final de grãos (PG) em  $\text{kg ha}^{-1}$ . Os resultados foram submetidos à análise de variância e após a verificação da significância para os tratamentos avaliados, as somas de quadrados dos tratamentos foram decompostas em CGC (Capacidade Geral de Combinação) e CEC (Capacidade Específica de Combinação), incluindo os recíprocos. A análise dialélica foi realizada de acordo com o modelo 1 de Griffing (1956), onde são avaliadas as combinações correspondentes aos parentais e seus cruzamentos incluindo os recíprocos. As análises dialélicas foram realizadas a partir das médias das repetições de cada genitor e suas combinações híbridas, por meio de recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2001).

#### **Resultados e Discussão**

Na Tabela 1 seguem os resultados obtidos nas análises de variância evidenciando diferenças significativas entre os genitores para CGC, para as características PG, MMG e NSV. Para a CEC, houve diferença significativa para as características, PG e NVP. Estes resultados evidenciam a presença de efeitos aditivos e não-aditivos no controle das características avaliadas. Foi também observado significância para efeito recíproco para PG e conforme Ramalho, Santos and Pinto (2000), o genótipo pode ser utilizado como genitor feminino ou masculino em um determinado cruzamento levando em consideração seu comportamento como doador ou receptor de pólen.

Pôde-se constatar a predominância de efeitos de aditividade na herança do caráter para as características MMG e NSV devido à significância apresentada somente pelo CGC. A significância da CEC evidencia a predominância de efeito de dominância para NVP (Tabela 1). Para cultivo em condições irrigadas, Rodrigues, Leal and Pereira (1998) observaram predominância de efeitos gênicos aditivos para os caracteres NVP e número de sementes por planta.

Considerando os efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i\hat{g}_i$ ), as cultivares SEA 5 e IAC Alvorada obtiveram resultados positivos para PG e MMG, evidenciando um incremento na PG em 93,7 kg ha<sup>-1</sup> e 18,3 kg ha<sup>-1</sup>, e aumento de 10,69g e 4,93g na MMG, respectivamente, nos cruzamentos em que participarem para este grupo de genótipos avaliados. A cultivar SEA 5 também apresentou efeito positivo para NSV em condições de déficit hídrico na pré-floração, o que torna estas cultivares promissoras para seleção sob condição de seca (Tabela 2). De acordo com Krause, Rodrigues and Leal (2012), as estimativas da CGC proporcionam informações sobre a concentração de alelos favoráveis, portanto, quanto maior a estimativa da CGC maior será a frequência de alelos favoráveis.

O genitor BAT 477 e IAC Carioca Tybatã apresentaram efeitos negativos de  $\hat{g}_i\hat{g}_i$  para todas as características com exceção do NVP pelo IAC Carioca Tybatã (Tabela 2), sugerindo a redução das características. Sob condições irrigadas Gonçalves-Vidigal et al. (2008), observaram a ocorrência de efeitos aditivos e não aditivos para a AP, NVP, número de sementes por planta, NSV, peso médio de 50 sementes e PG, além de obter resultados semelhantes para a cultivar IAC Carioca Tybatã, a qual apresentou efeitos negativos de  $\hat{g}_i\hat{g}_i$  para PG, massa dos grãos e NSV.

Na Tabela 3 estão apresentadas às estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$ ) para auxiliar na seleção das melhores combinações. A seleção deve priorizar as altas estimativas de  $\hat{S}_{ij}$  e que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado valor de CGC positivo ou negativo, em função da característica que se quer aumentar ou diminuir. Para a característica PG, as combinações que apresentaram maiores efeitos positivos para  $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$  foram: 1x3 (BAT 477 x IAC Alvorada) e recíproco 3x1 (IAC Alvorada x BAT 477), 1x4 (BAT 477 x IAC Carioca Tybatã), 2x3 (SEA 5 x IAC Alvorada) e recíproco 3x2 (IAC Alvorada x SEA 5) e 2x4 (SEA 5 x IAC Carioca Tybatã), ambos cruzamentos com participação dos genitores SEA 5 e IAC Alvorada que apresentaram os maiores e positivos valores para CGC, exceto com relação ao BAT 477 x IAC Carioca Tybatã. Estes resultados revelam que estas combinações específicas atuaram para o aumento da PG. Já as combinações 1x2 (BAT 477 x SEA 5), 4x1 (IAC Carioca Tybatã x BAT 477), 4x2 (IAC Carioca Tybatã x SEA 5), 4x3 (IAC Carioca Tybatã x IAC Alvorada) apresentaram efeitos negativos de  $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$  e com isso tendem a reduzir a PG. Como houve efeito significativo para o recíproco para PG, deve-se utilizar pelos resultados obtidos, a cultivar BAT 477 como genitor feminino no cruzamento BAT 477 x IAC Alvorada e, o genitor SEA 5 como feminino, no cruzamento SEA 5 x IAC Alvorada, em função da PG apresentada. A maior produtividade apresentada por SEA 5 x IAC Alvorada deve-se a alta estimativa de CGC apresentada pelos dois genitores, ou seja, elevada concentração de alelos favoráveis que proporcionou o desenvolvimento da combinação híbrida com a maior média.

Para MMG somente a combinação 4x3 (IAC Carioca Tybatã x IAC Alvorada) apresentou valor negativo para a característica e as combinações 1x2 (BAT 477 x SEA 5), 1x3 (BAT 477 x IAC Alvorada), 2x3 (SEA 5 x IAC Alvorada), 4x1 (IAC Carioca Tybatã x BAT 477) e 4x2 (IAC Carioca Tybatã x SEA 5) apresentaram os maiores valores de  $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$ , ou seja, aumento de 3,28, 2,88, 5,63, 7,50 e 11,70 gramas, respectivamente para a característica com relação a estas combinações (Tabela 3). De acordo com Carbonell et al. (2010), esta é uma importante característica para inserção de novas cultivares no setor produtivo. As cultivares IAC Alvorada e SEA 5 também apresentaram valores positivos para CGC com relação a MMG (Tabela 3), indicando que cruzamentos em que elas participarem são promissores para atender as exigências do mercado para massa dos grãos.

Com relação ao NVP, as combinações que apresentaram efeitos positivos de  $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$  foram: 1x2 (BAT 477 x SEA 5), 1x3 (BAT 477 x IAC Alvorada), 2x3 (SEA 5 x IAC Alvorada) e 4x1 (IAC Carioca

Tybatã x BAT 477). Para NSV destacam-se com valores positivos de  $\hat{S}_{ij}$  as combinações 2x4 (SEA 5 x IAC Carioca Tybatã), 3x1 (IAC Alvorada x BAT 477) e 1x4 (IAC Carioca Tybatã x BAT-477), atuando no aumento da característica, indicando sua utilização em blocos de cruzamento que visam o aumento das características (Tabela 3).

Desta forma, pode-se concluir que o genitor SEA 5 apresentou efeitos positivos para CGC para PG, MMG e NSV e a cultivar IAC Alvorada apresentou efeito positivo para PG e MMG, podendo ser indicados para compor blocos de cruzamento que visem o aumento destas características em condições de restrição hídrica. As combinações SEA 5 x IAC Alvorada, IAC Alvorada x SEA 5 e IAC Alvorada x BAT 477, apresentaram complementaridade gênica favorável como observada pelas estimativas da CEC.

Tabela 1 Resumo da análise de variância para produtividade de grãos (PG), massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta (NVP) e número de sementes por vagem (NSV) referente ao dialelo realizado entre quatro cultivares de feijoeiro submetidas ao déficit hídrico na fase de pré-floração.

FV	GL	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	MMG (g)	NVP	NSV
		Quadrado Médio			
Genótipo	15	1068,64**	607,21*	7,73*	0,98**
CGC	3	1309,75**	2088,94**	3,60 <sup>n.s</sup>	3,86**
CEC	6	1433,16**	256,89 <sup>n.s</sup>	10,23*	0,29 <sup>n.s</sup>
Efeito Recíproco	6	583,57*	216,66 <sup>n.s</sup>	7,28 <sup>n.s</sup>	0,22 <sup>n.s</sup>
Resíduo	30	235,80	235,00	3,14	0,19

\*,\*\* significativo a 5% e 1% pelo teste F.

Tabela 2 Estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i\hat{g}_i$ ) para seis características agrônômicas avaliadas em quatro cultivares de feijoeiro submetidos ao déficit hídrico na fase de pré-floração.

Cultivares	PG (kg ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>	MMG (g)	NVP	NSV
BAT 477	-78,1	-8,26	-0,031	-0,0263
SEA 5	93,7	10,69	-0,042	0,588
IAC Alvorada	18,3	4,93	-0,069	-0,075
IAC Carioca Tybatã	-33,9	-7,37	0,519	-0,25

(1)PG: Produtividade de grãos; MMG: Massa de Mil Grãos; NV: Número de vagens por planta; NS: Número de sementes por vagem; NN: Número de nós; AP: Altura de planta.

Tabela 3 Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{S}_{ii}\hat{S}_{ii}$  e  $\hat{S}_{ij}\hat{S}_{ij}$ ) para produtividade de grãos (PG), massa de mil grãos (MMG), número de vagens por planta (NVP) e número de sementes por vagem (NSV).

Genótipos	PG (kg ha <sup>-1</sup> )		MMG (g)		NVP		NSV	
	Cruzamento	Recíproco	Cruzamento	Recíproco	Cruzamento	Recíproco	Cruzamento	Recíproco
1 x 2	-16,8	-	3,28	-	0,67	-	-0,03	-
1 x 3	15,84	75,0	2,88	0,85	1,62	-0,15	-0,14	0,25
1 x 4	-13,5	34,0	0,23	7,50	-0,52	1,20	-0,02	0,10
2 x 3	131,0	50,5	5,63	0,85	0,81	-0,35	-0,09	-0,25
2 x 4	45,7	-97,0	2,08	11,70	-0,48	-1,25	0,33	0,00
3 x 4	-	-194,6	-	-0,27	-	-0,55	-	-0,08

\*Genitor 1: BAT 477, Genitor 2: SEA 5, Genitor 3: IAC Alvorada e Genitor 4: IAC Carioca Tybatã.

#### Agradecimentos

À FAPESP pela concessão da bolsa de doutorado.

### Referências

- Acosta-Díaz, E et al. (2009) Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. **Agricultura Técnica en México**: 416-425.
- Blair, MW et al. (2012) Development of a Mesoamerican intra-genepool genetic map for quantitative trait loci detection in a drought tolerant x susceptible common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Mol Breeding**: 71-88.
- Boyer JS (1976) Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski TT Water deficits and plant growth. **New York: Academic**, 153-190.
- Carbonell SAM et al. (2010) Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**: 2067-2073.
- Conab – Companhia Nacional De Abastecimento, Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_05\\_10\\_08\\_49\\_52\\_boletim\\_maior\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_maior_2012.pdf), Acesso: 14 de Novembro de 2012.
- Cruz CD (2001) **Programa Genes: Aplicativo Computacional em Genética e Estatística**. UFV, Viçosa, 394p.
- Cruz CD, Regazzi AD and Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, Viçosa, 480p.
- Gonçalves-Vidigal MC et al. (2008) Combining ability and heterosis in common bean cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: 1143-1150.
- Krause W, Rodrigues R and Leal NR (2012) Capacidade combinatória para características agronômicas em feijão de vagem. **Revista Ciência Agronômica**: 522-531.
- Oliveira Junior A, Miranda GV and Cruz CD (1997) Capacidade combinatória de cultivares de feijão avaliada em sistemas dialélicos desbalanceados de meia tabela e circulante. **Revista Ceres**: 215-229.
- Pinzan NR, Bulisani EA and Berti AJ (1994) Feijão: Zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o estado de São Paulo. **Boletim Técnico CATI**, Campinas, 19p.
- Ramalho MAP, Santos JB and Pinto CABP (2000) **Genética na Agropecuária**. UFLA, Lavras, 472p.
- Rodrigues R, Leal NR and Pereira MG (1998) Análise dialélica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. **Bragantia**: 241-250.