

# COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE FEIJÃO E DE SUAS GERAÇÕES HÍBRIDAS, NO INVERNO

Maria Amélia Gava Ferrão<sup>1</sup>  
Clibas Vieira<sup>1</sup>  
Cosme Damião Cruz<sup>3</sup>  
Antônio Américo Cardoso<sup>2</sup>

## RESUMO

Foi obtido um conjunto de informações referentes ao desempenho de sete cultivares de feijão e de suas combinações híbridas em diferentes gerações, avaliados em quatro experimentos, no inverno, em 1995 e 1996. Para tal, realizou-se a estimação de alguns parâmetros genéticos entre as características avaliadas. Foram utilizados dois grupos de cultivares nos cruzamentos, sendo o grupo 1 formado pelos cultivares que se adaptam bem ao inverno – Vermelho 2157, Ouro Negro, Antióquia 8 e Ricopardo 896 – e o grupo 2 pelos cultivares comerciais – EMCAPA 404 – Serrano, Carioca e EMCAPA 405 – Goytacazes. Em temperaturas mais baixas, houve aumento acentuado no ciclo da cultura e redução na produtividade, no peso de 100 sementes e no número de vagens/parcela, caracterizando a grande sensibilidade do feijoeiro ao frio. Os cultivares Antióquia 8 e Vermelho 2157 apresentaram-se como o mais tardio e o mais precoce, respectivamente. Em condições climáticas similares, observou-se pior desempenho dos híbridos nas gerações mais avançadas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, rendimento, componentes de rendimento.

## ABSTRACT

### PERFORMANCE OF COMMON BEAN CULTIVARS AND THEIR HYBRID PROGENY UNDER WINTER CONDITIONS

Data from four trials performed during the winter of 1995 and 1996 in relation to seven common bean cultivars and their hybrids in advanced generations were evaluated. Genetic parameters were estimated from the traits evaluated. In relation to the crosses, the common bean cultivars were divided into two groups, group I being formed by the cold tolerant cultivars Vermelho 2157, Ouro Negro, Antióquia 8 and Ricopardo 896, and group II by the commercial cultivars EMCAPA 404–Serrano, Carioca and EMCAPA 405–Goytacazes. At the lowest temperature, a considerable increase in crop cycle and reduction of the yield, of the weight of the seeds and in the number of pods/plot were observed, indicating a great sensibility of common bean to cold temperatures. ‘Antióquia 8’ and ‘Vermelho 2157’ were the latest and earliest cultivars, respectively. Hybrids on advanced generations showed more sensibility to cold temperatures under the same experimental conditions.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, yield, yield components.

<sup>1</sup> Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – Incaper. BR 262, KM 94. 29375-000, Venda Nova do Imigrante, ES. E-mail: mferrao@incaper.es.gov.br.

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia da UFV, 36571-000, Viçosa-MG.

<sup>3</sup> Departamento de Biologia Geral da UFV.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro-comum é espécie anual, diplóide ( $2n=22$ ), cultivado em grande amplitude de condições climáticas, incluindo locais de temperaturas relativamente baixas ou altas. Entretanto, é sensível a fatores climáticos extremos, como muito alta ou muito baixa temperatura, alta umidade do solo e ventos fortes, além de ser muito atacado por pragas e doenças (Vieira, 1991).

Embora muitos cultivares da espécie alcancem alto rendimento em uma grande faixa de condições ambientais, a temperatura exerce forte influência no crescimento e desenvolvimento da cultura (Massaya, 1991). Segundo Vieira (1967), a temperatura ótima para germinação, crescimento e produção situa-se entre 18 e 30 °C.

Na maioria das regiões produtoras de feijão do País, as épocas normais de cultivo do feijão são a primavera-verão (águas) e o verão-outono (seca). No entanto, com a irrigação, o cultivo de outono-inverno vem sendo utilizado como mais uma opção de exploração agrícola. Porém, nem todos os cultivares disponíveis são perfeitamente adaptados a essa época de plantio, em razão, principalmente, das baixas temperaturas prevalentes em várias regiões de cultivo, como a Zona da Mata de Minas Gerais e a região serrana do Espírito Santo.

Nas últimas décadas, substancial esforço tem sido despendido pelos melhoristas de plantas visando a adaptação de várias culturas a temperaturas subótimas. Vários trabalhos têm sido propostos para selecionar cultivares de feijão com tolerância a temperaturas baixas e estudar os parâmetros e mecanismos genéticos envolvidos (Arriel *et al.*, 1990; Bannerot, 1979; Campos *et al.*, 1992; Dickson & Boettger 1989; Hardwick e Andrews, 1980; Nienhuis & Singh, 1988; Oliveira Júnior *et al.*, 1992; Ramos *et al.*, 1992; Vieira, 1967; Vieira *et al.*, 1994; Von Pinho, 1990; Zaiter *et al.*, 1994).

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho de cultivares de feijão, tolerantes e sensíveis ao frio, e de suas gerações híbridas, no inverno, quanto ao rendimento de grãos e outras características agrônômicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois grupos de cultivares de feijão nos cruzamentos, sendo o grupo 1 formado pelos cultivares que se adaptam bem ao inverno (Vermelho 2157,

Ouro Negro, Antióquia 8 e Ricopardo 896) identificados por Vieira *et al.* (1994), e o grupo 2 pelos cultivares comerciais EMCAPA 404-Serrano, Carioca e EMCAPA 405-Goytacazes.

Obtiveram-se 12 combinações híbridas por meio de cruzamentos artificiais envolvendo os progenitores dos grupos 1 e 2. Os progenitores, bem como as combinações híbridas nas gerações  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$ , foram avaliados em Coimbra, MG, em campo experimental situado à altitude de, aproximadamente, 700 m, em delineamento de blocos ao acaso, em 1995 e 1996, conforme descrito a seguir: Ensaio 1 -  $F_1/95$ : geração  $F_1$  e progenitores - 1995; Ensaio 2 -  $F_2/95$ : geração  $F_2$  e progenitores - 1995; Ensaio 3 -  $F_2/96$ : geração  $F_2$  e progenitores - 1996; e Ensaio 4 -  $F_3/96$ : geração  $F_3$  e progenitores - 1996.

O plantio nos ensaios 1 e 2 foi realizado em 05-05-1995 e a colheita entre 14 e 25-08-1995. No ensaio 1, utilizaram-se três repetições e parcelas de uma linha de 1,0 m de comprimento; o ensaio 2 foi instalado com seis repetições e parcelas de duas linhas de 5,0 m de comprimento. Os ensaios 3 e 4 foram instalados em 20-05-1996, com quatro repetições e parcelas constituídas de duas linhas de 5,0 m de comprimento. A colheita foi realizada entre 17-09 e 07-10-1996. Nos quatro ensaios, utilizaram-se bordaduras externas. Na colheita, eliminou-se 0,25 m das extremidades de cada parcela.

Nos quatro ensaios, utilizaram-se, na adubação de plantio, 600 kg/ha do formulado 4-14-8 e, na cobertura, 100 kg/ha de sulfato de amônia, aplicados 30 dias após o plantio. Os tratamentos culturais, a irrigação e o controle de pragas e doenças foram feitos de acordo com as necessidades da cultura.

Os caracteres avaliados foram número de dias para emergência (EMERG); florescimento (FLOR) e colheita (MAT); número de vagens/parcela, expresso em área de 4,5 m<sup>2</sup> (NVP); número de sementes/vagem (NSV); peso de 100 sementes, expresso em g (PCS); e produção de grãos/ha, expressa em kg/ha (RGH).

Os dados de cada ensaio foram submetidos à análise de variância, seguida da estimação de parâmetros genéticos e ambientais, considerando-se fixos os efeitos dos tratamentos (cultivares). As diferenças mínimas significativas entre as médias dos tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Gomes, 1990).

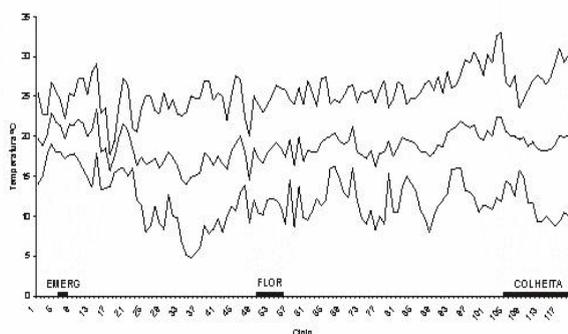
Os parâmetros genéticos e ambientais estimados

foram: variância fenotípica entre médias de tratamentos ( $\sigma_f^2$ ); variabilidade genotípica ( $\sigma_g^2$ ); variância de ambiente entre médias de tratamentos ( $\sigma^2$ ); coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ); coeficiente de variação genotípico ( $CV_g$ ); e coeficiente de variação ambiental ( $CV_e$ ).

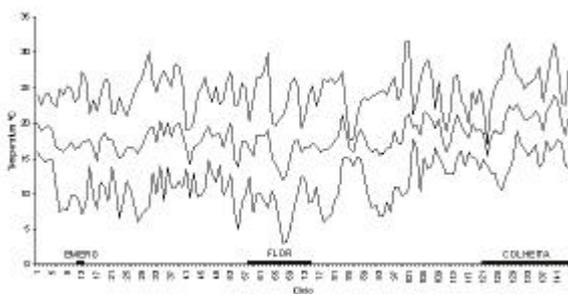
Todas as análises biométricas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional em genética e estatística - Programa Genes (Cruz, 1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas, mínimas e médias foram distintas durante o período de execução do trabalho, em 1995 e 1996 (Figuras 1 e 2), pois, em 1995, o inverno foi menos frio e, em 1996, as temperaturas foram mais variáveis.



**Figura 1.** Temperaturas máximas, médias e mínimas vigentes durante o ciclo da cultura em 1995, em Coimbra, MG



**Figura 2.** Temperaturas máximas, médias e mínimas vigentes durante o ciclo da cultura em 1996, em Coimbra, MG

As análises de variâncias dos quatro ensaios são apresentadas na Tabela 1. Na maioria das características, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos ( $P < 0,01$ ), exceto para RGH no ensaio 3, indicando considerável variabilidade genética entre eles. O coeficiente de variação ambiental oscilou de 1,21 a 15,83%, mostrando boa precisão experimental.

Na Tabela 2, são apresentadas estimativas de parâmetros genéticos dos quatro ensaios. No ensaio 1, conduzido em 1995, envolvendo híbridos  $F_1$  e progenitores, os maiores valores de  $H^2$  ocorreram para os caracteres PCS (97,000), MAT (83,587) e NSV (80,371). A relação entre  $CV_g/CV_e$  mostrou-se superior à unidade apenas para EMERG, NSV e PCS. No ensaio 2, envolvendo populações  $F_2$  e progenitores, em 1995, verificou-se que, com exceção dos caracteres EMERG e MAT, a relação entre  $CV_g/CV_e$  foi superior a 1,0, indicando que o componente genético foi mais importante que o ambiental. Os coeficientes de determinação genotípicos ( $H^2$ ) foram maiores que 82% para todas as características e superiores aos obtidos no ensaio 1, com pais e híbridos  $F_1$  avaliados no mesmo ano. Porém, deve-se considerar que o valor  $H^2$  de uma característica não é constante, ou seja, não é apenas uma propriedade do caráter, mas também das populações e das condições ambientais. Dessa forma, o coeficiente de determinação genotípico pode ser aumentado não somente pela introdução de mais variação genética na população, mas também por maior controle do ambiente (Ramalho, 1993). Assim, as maiores estimativas de  $H^2$  na geração  $F_2$  podem ser atribuídas também ao menor erro experimental médio ocorrido nesta geração, em virtude do maior tamanho da parcela e maior número de repetições.

No ensaio 3, com as gerações  $F_2$  e progenitores, em 1996, com exceção de RGH, verificou-se que a razão entre  $CV_g/CV_e$  foi superior a 1,0 e que o coeficiente de determinação genotípico foi maior do que 80% nas características EMERG, FLOR, MAT, NSV e PCS, indicando variabilidade genética entre os materiais estudados e boa precisão experimental. Em linha de estudo semelhante, Von Pinho (1990), trabalhando com 85 materiais do programa de melhoramento da ESAL, procurou identificar cultivares que germinam em temperatura inferior a 15°C. Ele constatou ampla variação genética entre os cultivares, comprovada pelas altas estimativas da variância genética e herdabilidade, permitindo assim antever a possibilidade de obtenção de sucesso na seleção com base nessa característica. Posteriormente, Campos *et al.* (1992), utilizando cultivares identificados como sensíveis e tolerantes ao frio por Von Pinho (1990), em estudo sobre o controle genético do número de dias necessários para a

**Tabela 1.** Análise de variância dos caracteres emergência (EMERG), florescimento (FLOR), maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes (PCS) e rendimento de grãos (RGH) referentes aos ensaio 1, 2, 3 e 4

ENSAIOS <sup>1/</sup>	FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS						
			EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	Blocos	2	0,017	0,366	0,483	0,038	65375,184	3,254	533157,062
	Tratamento	18	0,179**	5,535 **	8,377**	0,833**	187336,672**	100,377**	624457,500**
	Resíduo	36	0,036	1,609	1,343	0,164	50427,089	3,034	162837,641
	Média		7,090	47,684	96,877	3,960	1418,190	22,914	2849,544
	CV <sub>e</sub> (%)		2,680	2,660	1,961	10,212	15,834	7,602	14,163
2	Blocos	5	0,535	4,599	16,501	0,193	30818,163	4,675	247382,906
	Tratamento	18	1,350**			0,927**	151694,555**	151,791**	639136,000**
	Resíduo	90	0,194	14,966**	26,789**	0,128	10359,907	3,514	44791,973
	Média		7,149	47,772	99,298	3,828	995,370	26,246	1833,607
	CV <sub>e</sub> (%)		6,166	1,791	2,168	9,370	10,230	7,143	11,542
3	Blocos	3	3,403	35,556	7,932	0,064	7196,298	3,302	84009,608
	Tratamento	18	2,627**	65,008**	75,260**	0,619**	49915,652**	105,881**	50054,531 <sup>ns</sup>
	Resíduo	54	0,191	4,603	2,388	0,122	10020,266	2,313	28323,442
	Média		10,947	64,644	127,645	3,478	828,539	25,358	1460,788
	CV <sub>e</sub> (%)		3,987	3,319	1,212	10,049	12,082	5,998	11,521
4	Blocos	3	0,434	5,665	7,153	0,079	8107,421	2,319	22855,353
	Tratamento	18	0,870**	48,739**	48,278**	0,517**	29309,736**	78,706**	50460,999**
	Resíduo	54	0,156	2,773	2,792	0,052	6064,213	1,2186	21381,340
	Média		10,355	52,697	126,224	3,428	852,750	24,107	1377,469
	CV <sub>e</sub> (%)		3,819	3,160	1,324	6,683	9,132	4,704	10,615
Unidade		dias	dias	dias	n°	n°/4,5 m <sup>2</sup>	g	kg/ha	

\*\* = F significativo a 1% de probabilidade; \* = F não-significativo.

<sup>1/</sup> 1 - F<sub>1</sub>/1995: geração F<sub>1</sub> e progenitores; 2 - F<sub>2</sub>/1995: geração F<sub>2</sub> e progenitores; 3 - F<sub>2</sub>/1996: geração F<sub>2</sub> e progenitores; e 4 - F<sub>3</sub>/1996: geração F<sub>3</sub> e progenitores.

**Tabela 2.** Estimativas de parâmetros genéticos dos caracteres emergência (EMERG), florescimento (FLOR), maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes (PCS) e rendimento de grãos (RGH) dos ensaio 1, 2, 3 e 4, envolvendo 7 progenitores e 12 combinações híbridas

CARACT.	ENSAIOS <sup>1</sup>	$\sigma^2_f$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_g$	$\sigma^2$ (%)	CV <sub>g</sub>	CV <sub>g</sub> /CV <sub>e</sub>
EMERG	1	0,05	0,01	0,04	79,89	3,08	1,15
	2	0,22	0,03	0,19	85,60	6,13	0,99
	3	0,65	0,04	0,60	92,74	7,12	1,78
	4	0,21	0,03	0,17	82,01	4,07	1,06
FLOR	1	1,84	0,53	1,30	70,93	2,39	0,90
	2	2,49	0,12	2,37	95,11	3,22	1,80
	3	16,25	1,15	15,10	92,91	6,01	1,81
	4	12,18	0,69	11,49	94,31	6,43	2,03
MAT	1	2,79	0,44	2,34	83,58	1,58	0,80
	2	4,46	0,77	3,69	82,69	1,93	0,89
	3	18,81	0,59	18,21	96,82	3,34	2,76
	4	12,06	0,69	11,31	94,21	2,67	2,01
NSV	1	0,27	0,05	0,22	80,37	11,90	1,16
	2	0,15	0,02	0,13	86,11	9,52	1,01
	3	0,15	0,03	0,12	80,26	10,13	1,00
	4	0,12	0,01	0,11	89,84	9,94	1,48
NVP	1	62445,55	16809,02	45636,52	73,08	15,06	0,95
	2	25182,42	1726,65	23555,75	93,17	15,41	1,50
	3	12478,91	2505,06	9973,84	79,92	12,05	0,99
	4	7327,43	1516,05	5811,38	79,31	8,93	0,97
PCS	1	33,45	1,01	32,44	96,96	24,85	3,27
	2	25,32	0,58	24,74	97,68	18,95	2,65
	3	26,47	0,57	25,89	97,81	20,06	3,34
	4	19,67	0,32	19,35	98,36	18,25	3,87
RGH	1	208152,50	54279,21	153873,28	73,92	13,76	0,97
	2	106522,66	7465,32	99057,33	92,99	17,16	1,48
	3	12513,63	7080,86	5431,77	43,41	5,04	0,43
	4	12615,25	5345,33	7269,91	57,62	6,18	0,58

emergência em temperatura baixa, verificaram que os alelos favoráveis agem no sentido de reduzir o número de dias gastos na emergência e que há possibilidade de sucesso na seleção. No ensaio 4, constituído por progenitores e gerações  $F_3$ , exceto para NVP e RGH, a razão entre CVg/CVe foi superior à unidade e o coeficiente de determinação genotípico superior a 80%.

A quantificação da variabilidade genética e a estimação de parâmetros são de fundamental importância em programas de melhoramento, pois possibilitam conhecer a estrutura genética da população. No entanto, deve-se atentar para o fato de as diferenças nas estimativas dos parâmetros genéticos, encontradas na mesma espécie, por diversos autores, serem função, principalmente, dos diferentes métodos utilizados na sua determinação, dos distintos materiais genéticos analisados, das diferentes condições ambientais, da

época e idade de avaliação, dentre outros fatores (Falconer, 1981; Vencovsky, 1987).

Na análise das médias, observa-se, no ensaio 1, que EMCAPA 405-Goytacazes, Carioca, Ouro Negro x EMCAPA 405-Goytacazes e Ricopardo 896 x Carioca tiveram florescimento mais tardio, enquanto o Vermelho 2157 foi o mais precoce (Tabela 3). No entanto, não houve relação do desempenho dos materiais quanto ao ciclo, considerando-se o florescimento e a maturação. Antióquia 8 e Antióquia 8 x EMCAPA 404-Serrano necessitaram do maior número de dias para a colheita, enquanto Carioca e Vermelho 2157 x EMCAPA 405-Goytacazes precisaram de menos. Segundo Arriel *et al.* (1990), o principal caráter relacionado com a precocidade é o início do florescimento.

No ensaio 2 (Tabela 4), verifica-se que as características NSV, NVP e RGH tiveram médias menores

**TABELA 3.** Médias dos caracteres dias para a emergência (EMERG), para o florescimento (FLOR) e para a maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes em g (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH) do ensaio 1, envolvendo progenitores e híbridos  $F_1$

TRAT <sup>1</sup>	EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	7,33 b	44,67 c	95,67 c	4,38 abcd	1446,00 abcd	22,13 e	2064 cd
2	7,00 b	47,67 abc	96,33 c	3,82 abcde	1248,00 bcd	18,93 e	3276 abc
3	8,00 a	48,00 abc	102,00 a	3,24 de	993,00 d	42,67 a	2674 abcd
4	7,00 b	47,67 abc	97,00 bc	3,89 abcde	1347,00 abcd	19,57 e	2688 abcd
1'	7,00 b	48,66 ab	97,00 bc	3,25 de	1905,00 ab	19,50 e	1987 d
2'	7,00 b	49,33 ab	95,00 c	4,37 abcd	1094,67 cd	21,17 cde	2161 abcd
3'	7,00 b	50,00 a	97,00 bc	3,44 cde	1326,00 abcd	22,13 cde	3146 abcd
1 x 1'	7,00 b	46,00 bc	97,00 bc	4,23 abcde	1560,00 abcd	20,00 e	3067abcd
1 x 2'	7,00 b	46,00 bc	96,00 c	4,74 ab	1176,00 cd	21,40 cde	2706 abcd
1 x 3'	7,00 b	47,33 abc	95,00 c	4,90 a	1287,00 abcd	20,47 e	3004 abcd
2 x 1'	7,00 b	48,33 abc	97,00 bc	3,33 cde	1968,00 a	21,77 cde	3577 a
2 x 2'	7,33 b	48,00 abc	96,33 c	4,04 abcde	1452,00 abcd	20,60 de	2759 abcd
2 x 3'	7,00 b	49,00 ab	95,67 c	4,07 abcde	1500,00 abcd	21,13 cde	2971 abcd
3 x 1'	7,00 b	46,00 bc	100,33 ab	3,08 e	1758,00 abc	32,63 b	3618 a
3 x 2'	7,00 b	47,00 abc	96,67 c	4,08 abcde	1395,00 abcd	25,90 cd	3316 ab
3 x 3'	7,00 b	48,33 abc	96,33 c	3,61 bcde	1197,00 cd	26,13 c	2628 abcd
4 x 1'	7,00 b	46,67 abc	97,00 bc	3,96 abcde	1413,00 abcd	21,20 cde	2598 abcd
4 x 2'	7,00 b	49,00 ab	96,33 c	4,53 abc	1449,00 abcd	18,97 e	2931 abcd
4 x 3'	7,00 b	48,33 abc	97,00 bc	4,28 abcde	1431,00 abcd	20,87 cde	2967 abcd

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> 1= Vermelho 2157; 2= Ouro Negro; 3= Antióquia 8; 4= Ricopardo 896; 1'= EMCAPA 404 - Serrano; 2'= Carioca; e 3'= EMCAPA 405 - Goytacazes.

**Tabela 4.** Médias dos caracteres dias para a emergência (EMERG), para o florescimento (FLOR) e para a maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes em g (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH) do ensaio 2, envolvendo progenitores e híbridos F<sub>2</sub>

TRAT <sup>1</sup>	EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	7,50 bc	44,66 g	97,00 cde	4,08 ab	1032,00 abcd	25,43 cde	2108,15 abc
2	6,50 d	45,83 fg	98,33 bcde	3,94 abcd	1112,00 ab	26,16 bcd	1995,55 abcde
3	7,83 ab	49,33 b	103,33 a	3,16 e	784,83 ef	44,96 a	2424,07 a
4	7,00 bcd	48,50 bcd	99,50 abcde	4,36 a	1125,16 ab	24,71 de	2217,41 ab
1'	7,00 bcd	48,00 bcde	101,16 abc	3,13 e	1156,33 ab	22,65 de	1551,11 fg
2'	7,00 bcd	49,33 b	96,33 de	4,17 ab	975,00 abcde	21,80 e	1730,73 cdefg
3'	6,66 cd	51,83 a	101,00 abc	3,32 cde	618,83 f	25,20 cde	997,40 h
1 x 1'	7,00 bcd	45,83 fg	98,33 bcde	3,95 abcd	1159,16 ab	25,33 cde	2026,29 abcde
1 x 2'	7,00 bcd	47,16 def	96,00 e	4,04abc	1052,16 abcd	24,35 de	1961,85 bcdef
1 x 3'	7,16 bcd	47,50 cdef	98,50 bcde	3,86 abcde	890,00 cde	25,35 cde	1620,74 defg
2 x 1'	7,16 bcd	47,50 cdef	100,00 abcde	3,55 bcde	1159,16 ab	25,20 cde	1867,03 bcdef
2 x 2'	7,00 bcd	47,16 def	96,00 e	3,98 abcd	1180,83 a	23,60 de	2122,59 abc
2 x 3'	7,00 bcd	48,00 bcde	98,83 abcde	4,34a	841,50de	24,38 de	1652,59 defe
3 x 1'	8,50 a	46,50 ef	101,66 ab	3,27 de	1040,66 abcd	29,96 b	2060,00 abcde
3 x 2'	7,16 bcd	47,50 cdef	100,66 abcd	3,99 abcd	955,50 bcde	28,73 bc	1918,88 bcdef
3 x 3'	7,83 ab	48,50 bcd	105,50 abc	3,50 bcde	764,00 ef	29,63 b	1515,55 g
4 x 1'	7,00 bcd	47,00 def	101,16 abc	3,72 abcde	1109,83 ab	23,31 de	1600,00 efg
4 x 2'	6,83 cd	48,50 bcd	97,66 bcde	4,20 ab	1060,83 abc	23,20 de	1981,11 bcdef
4 x 3'	6,66 cd	49,00 bc	99,66 abcde	4,11 ab	894,16 cde	24,66 de	1606,66 efg

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

<sup>1</sup> 1= Vermelho 2157; 2= Ouro Negro; 3= Antióquia 8; 4= Ricopardo 896; 1'= EMCAPA 404 - Serrano; 2'= Carioca; e 3'= EMCAPA 405 - Goytacazes.

na geração F<sub>2</sub> que no ensaio 1, que envolveu a geração F<sub>1</sub>, e foi instalado na mesma data e local. Todavia, para EMERG, FLOR e MAT, o número médio de dias foi maior no ensaio com F<sub>2</sub>, mostrando que a geração F<sub>1</sub> foi mais precoce que a F<sub>2</sub>. Observou-se, também, que as diferenças entre médias de tratamento nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> não seguiram o mesmo padrão de comportamento. É oportuno salientar que, na geração F<sub>2</sub>, ocorre apenas 50% da heterozigose presente na geração F<sub>1</sub>.

Em 1996, foram avaliadas as gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub>. Conforme mostra a Figura 2, as temperaturas foram inferiores às do ano anterior, inclusive com temperaturas mínimas abaixo de 10°C em períodos críticos da cultura, como germinação, florescimento e formação de vagens. No período do florescimento, as temperaturas se aproximaram de 2°C.

Segundo Vieira (1991), a temperatura ótima para

germinação, crescimento e produção situa-se entre 18 e 30°C, mas Dickson & Petzoldt (1989) indicaram 23°C como a melhor temperatura para o desenvolvimento dessa leguminosa. Segundo Dickson (1971), cultivares de feijão que toleram temperaturas de 8 a 10°C, nas fases de germinação e de crescimento vegetativo podem ser considerados tolerantes à baixa temperatura. Dickson & Boettger (1984) classificaram o feijoeiro como uma cultura suscetível à injúria causada pela baixa temperatura em todos os estádios de desenvolvimento, o que tem dificultado o melhoramento e a seleção visando à tolerância ao frio. No entanto, Santos & Ramalho (1990) relatam que há possibilidade de se obter cultivares adaptados ao período outono-inverno por meio de hibridações, pois a literatura apresenta variabilidade genética no feijoeiro quanto à tolerância a temperaturas mais baixas.

No ensaio 3 (Tabela 5), verifica-se que o cultivar Antióquia 8 foi colhido 140 dias após a emergência, perfazendo, assim, um ciclo de 153 dias do plantio à colheita. Pelas médias de EMERG, FLOR e MAT, observa-se, de modo geral, que o ciclo da cultura, em 1996, foi maior 28 dias, em média, em relação ao de 1995, o que é explicado pelas menores temperaturas. As características NSV, NVP, PCS e RGH apresentaram maiores médias em 1995, graças às temperaturas mais adequadas para a cultura. No tocante ao ciclo da cultura, resultado similar foi reportado por Vieira *et al.* (1994) na análise de sete experimentos, ao longo de seis anos, em busca de fontes de tolerância ao frio em Minas Gerais. Esses autores verificaram que o ciclo das plantas, no inverno, foi alterado de 85 a 95 dias para 100 a 120 dias aproximadamente.

Na análise dos ensaios 2 e 3, nos quais foram avaliados as geração  $F_2$  e os progenitores de 1995 e 1996, verificou-se que, em temperaturas mais baixas, como de 1996, houve aumento acentuado no ciclo da cultura, aferido pelo maior número médio de dias para emergência, florescimento e maturação, e redução da produtividade,

do peso de 100 sementes, do número de vagens/parcela e do número de sementes/vagem, caracterizando a sensibilidade do feijoeiro às temperaturas mais baixas. De forma análoga, Vieira (1991) observou que temperaturas baixas, como as de maio a agosto, causam alongamento do ciclo, retardam a emergência e o início do florescimento e interferem nas demais etapas de desenvolvimento do feijoeiro.

No ensaio 4, constituído por progenitores e gerações  $F_3$  (Tabela 6), constataram-se diferenças significativas em todas as características. Comparando os resultados dos dois ensaios de 1996, observam-se médias maiores para a maioria das características na geração  $F_2$ , o que pode ser atribuído à redução de heterozigotos em gerações mais avançadas.

Na comparação conjunta das médias dos ensaios num mesmo ano, correspondentes às gerações  $F_1$  e  $F_2$  em 1995, e  $F_2$  e  $F_3$  em 1996, observou-se inferioridade dos valores obtidos dos componentes de produção nas gerações  $F_2$  em 1995 e  $F_3$  em 1996, retratando, assim, a redução de heterozigotos nas gerações mais avançadas de melhoramento.

**Tabela 5.** Médias dos caracteres dias para a emergência (EMERG), para o florescimento (FLOR) e para a maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes em g (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH) do ensaio 3, envolvendo progenitores e híbridos  $F_2$

TRAT <sup>1</sup>	EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	11,00 bcd	59,25 f	120,00 g	4,03 ab	798,750b	23,67 de	1508,77
2	15,50 a	64,50 def	127,00 bcde	3,69 abcd	845,75 ab	24,20 de	1499,67
3	12,75 a	72,25 ab	140,00 a	2,86 d	500,25 c	44,65 a	1567,20
4	11,50 b	63,75 def	128,50 bcd	3,54 abcd	749,00 bc	24,75 de	1322,61
1'	10,75 bcd	65,25 cde	130,00 b	2,88 d	1079,75 a	21,72 e	1386,83
2'	10,75 bcd	67,25 bcd	123,00 efg	3,82 abc	801,25 ab	22,07 e	1395,33
3'	10,00 d	73,00 a	128,25 bcd	3,20 bcd	818,50 ab	25,30 cde	1364,78
1 x 1'	10,25 cd	60,25 ef	125,75 cde	3,53 abcd	996,50 ab	21,70 e	1537,72
1 x 2'	11,25 bc	59,00 f	121,50 fg	3,84 abc	819,25 ab	23,22 de	1490,67
1 x 3'	10,00 d	60,00 ef	125,25 def	4,14 a	867,25 ab	23,57 de	1621,72
2 x 1'	12,75 a	64,25 def	131,00 b	3,62 abcd	765,00 b	23,12 de	1287,17
2 x 2'	10,75 bcd	64,50 def	123,00 efg	3,39 abcd	877,50 ab	23,65 de	1368,44
2 x 3'	10,75 bcd	66,75 bcd	128,00 bcd	3,39 abcd	786,50 b	24,20 de	1391,05
3 x 1'	10,25 cd	62,00 def	130,25 b	2,93 cd	819,75 ab	29,05 bc	1567,05
3 x 2'	10,50 bcd	62,50 def	129,00 bcd	3,03 cd	879,00 ab	26,40 bcd	1388,05
3 x 3'	10,50 bcd	63,75 def	130,25 b	3,25 abcd	870,75 ab	29,80 b	1720,05
4 x 1'	11,50 b	64,00 def	129,50 bc	3,39 abcd	827,75 ab	22,67 de	1384,55
4 x 2'	11,25 bc	70,75 abc	127,50 bcd	4,06 ab	782,25 b	24,27 de	1529,94
4 x 3'	10,00 d	65,25 cde	127,50 bcd	3,51 abcd	870,75 ab	23,75 de	1423,33

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.  
<sup>1</sup> 1= Vermelho 2157; 2= Ouro Negro; 3= Antióquia 8; 4= Ricopardo 896; 1'= EMCAPA 404 - Serrano; 2'= Carioca; e 3'= EMCAPA 405 - Goytacazes.

**Tabela 6.** Médias dos caracteres dias para a emergência (EMERG), para o florescimento (FLOR) e para a maturação (MAT), número de sementes/vagem (NSV), número de vagens/parcela (NVP), peso de 100 sementes em g (PCS) e rendimento de grãos em kg/ha (RGH) do ensaio 4, envolvendo progenitores e híbridos F<sub>3</sub>

TRAT <sup>1</sup>	EMERG	FLOR	MAT	NSV	NVP	PCS	RGH
1	9,50 c	48,25 g	120,00 g	3,79 ab	867,25 abcde	21,72 ef	1295,27 ab
2	11,00 a	50,00 g	124,50 def	3,62 abcd	866,25 abcde	23,65 cdef	1429,39 ab
3	11,00 a	58,00 abc	131,00 ab	2,47 f	740,25 de	40,80 a	1642,05 a
4	10,00 abc	52,25 defg	126,00 cdef	3,94 a	846,50 bcde	22,92 cdef	1452,39 ab
1'	10,50 abc	54,75 bcde	129,00 abc	3,39 abcde	954,75 abc	23,95 cde	1457,44 ab
2'	10,50 abc	55,00 bcd	122,25 fg	3,73 abc	813,25 bcde	20,87 f	1273,66 ab
3'	10,00 abc	60,75 a	128,00 abcde	2,99 ef	835,75 bcde	25,05 cd	1267,28 ab
1 x 1'	10,00 abc	48,25 g	126,00 cdef	3,45 abcde	999,00 ab	22,22 def	1481,88 ab
1 x 2'	10,00 abc	51,00 defg	120,00 g	3,605 abcd	833,00 bcde	21,65 ef	1339,89 ab
1 x 3'	10,00 abc	48,50 g	123,75 efg	3,54 abcde	862,25 abcde	23,35 cdef	1419,78 ab
2 x 1'	10,00 abc	50,50 efg	126,50 cdef	3,18 cde	1052,75 a	21,90 ef	1463,33 ab
2 x 2'	11,00 a	50,75 defg	122,25 fg	3,87 a	823,75 bcde	22,52 def	1357,28 ab
2 x 3'	10,25 abc	54,00 bcdef	127,00 bcde	3,49 abcde	824,75 bcde	23,12 cdef	1324,44 ab
3 x 1'	10,25 abc	50,25 fg	131,00 ab	3,11 de	814,00 bcde	25,77 c	1389,94 ab
3 x 2'	10,75 ab	58,25 ab	128,00 abcde	3,54 abcde	673,75 e	23,57 cdef	1170,50 b
3 x 3'	10,50 abc	52,00 defg	132,00 a	3,03 def	792,00 cde	28,77 b	1387,44 ab
4 x 1'	10,75 ab	53,00 def	128,50 abcd	4,39 abcde	922,50 abcd	21,30 ef	1383,05 ab
4 x 2'	11,00 a	52,00 defg	126,00 cdef	3,73 abc	858,25 abcde	22,40 def	1456,11 ab
4 x 3'	9,75 bc	53,75 cdef	126,50 cdef	3,26 bcde	822,25 bcde	22,45 def	1180,78 b

As médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

1= Vermelho 2157; 2= Ouro Negro; 3= Antióquia 8; 4= Ricopardo 896; 1'= EMCAPA 404 - Serrano; 2'= Carioca; e 3'= EMCAPA 405 - Goytacazes.

## CONCLUSÕES

O estudo realizado permitiram as seguintes conclusões:

A média de rendimento de grãos e a de seus componentes reduziram-se com o avanço das gerações, de F<sub>1</sub> a F<sub>3</sub>, demonstrando exibir heterose e ser determinada por componentes genéticos não-aditivos.

Em temperaturas mais baixas, houve aumento acentuado no ciclo da cultura e redução na produtividade, no peso de 100 sementes e no número de vagens/parcela, caracterizando a grande sensibilidade do feijoeiro ao frio.

Os cultivares Antióquia 8 e Vermelho 2157 apresentaram-se como o mais tardio e o mais precoce, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- Adams MW (1967) Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the yield bean, *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Science* 7: 505–510.
- Arriel EF, Ramalho MAP & Santos JB dos (1990). Análise dialéctica do número de dias para o florescimento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileiro* 25: 759–763.
- Bannerot H (1979). Cold tolerance in beans. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 22: 81–84.
- Campos FV, Ramalho MAP. & Abreu A de FP (1992) Controle genético da emergência em baixa temperatura

- na cultura do feijoeiro. In: Projeto Feijão. Relatório 88/92. Viçosa, EPAMIG. p. 97-100.
- Cruz CD (1997) Programa GENES; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV, 442 p.
- Dickson MH (1971) Breeding beans, *Phaseolus vulgaris* L., for improved germination under unfavorable low temperature conditions. *Crop Science* 11: 848-850.
- Dickson MH & Boettger MA (1984) Emergence, growth, and blossoming of bean (*Phaseolus vulgaris*) at suboptimal temperatures. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 109: 257-260.
- Dickson MH & Petzoldt R (1989) Heat tolerance and pod set in green beans. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 114: 833-836.
- Falconer DS (1981) Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV 279 p.
- Gomes FP (1990) Curso de estatística experimental. Piracicaba, ESALQ 468 p.
- Hardwick RR & Andrews DJ (1980) Selection for cold tolerance in *Phaseolus vulgaris* yields of selected lines grown in warm and cold environments. *Annals of Applied Biology* 95: 249-59.
- Massaya P & WHITE JW (1991) Adaptation to photoperiod and temperature. In: Schoonhoven & Voysest, O (eds.). Common beans - research for crop improvement. Wallingford, C. A. B. International p. 445-500.
- Nienhuis J & Singh SP (1988) Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle-American origin, I: General combining ability. *Plant Breeding* 101: 143-154.
- Oliveira Júnior A, Miranda GV & Cruz CD (1992) Capacidade combinatória de cultivares de feijão comerciais e tolerantes ao frio. In: Projeto Feijão. Relatório 88/92, Viçosa, EPAMIG p.101-104.
- Ramalho MAP, Santos JB dos & Zimmermann MJ de O (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas - Aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, UFG 271p.
- Ramos AO, Carvalho SP & Cruz CD (1992) Desempenho de populações F<sub>3</sub> derivadas de cultivares comerciais e tolerantes ao frio em feijão. In: Projeto Feijão. Relatório 88/92. Viçosa, EPAMIG p.108-111.
- Santos JB dos & Ramalho MAP (1990) Seleção de progênies de feijoeiro adaptadas às condições de outono e inverno no sul de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 25: 1655-1661.
- Vencovsky R (1987) Herança Quantitativa. In: Paterniani, E. & Viégas, G.P., (ed). Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill. p.137-214.
- Viana JMS (1995) Teoria e análise de cruzamentos dialélicos parciais, com aplicação no melhoramento genético do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese de Doutorado. Viçosa UFV. 100 p.
- Vieira C (1967) O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Imprensa Universitária, 220 p.
- Vieira C (1991) Influência das épocas de plantio sobre as etapas de desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres* 38: 438-443.
- Vieira C, Arantes HAG, Cruz CD & Araujo GA de A (1994) Triagem de germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em busca de fontes de tolerância à baixa temperatura. *Ciência e Prática* 18: 295-305.
- Von Pinho RG (1990) Tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à baixa temperatura na fase de germinação e emergência. Dissertação de mestrado Lavras ESAL 56 p.
- Zaiter H, Baydoun E & Sayyed-Hallak M (1994) Genotypic variation in the germination of common bean in response to cold temperatures stress. *Plant and Soil* 163: 95-101.

*Aceito para publicação em 14/06/2006*