

Número de repetições para avaliação de caracteres de produção, fenologia e morfologia de cultivares de feijão

Number of replications for the evaluation of productive, phenologic and morphologic traits in common bean cultivars

Alberto Cargnelutti Filho^{1*} Nerinéia Dalfollo Ribeiro¹

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o número de medições (repetições), necessário à predição do desempenho de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Quatorze cultivares foram avaliadas em nove experimentos conduzidos em Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, nos anos agrícolas de 2000/2001 a 2004/2005. Em cada experimento, foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso, com três blocos ou repetições. Em cada bloco, foram avaliadas as 14 cultivares. Assim, as causas de variação foram blocos, cultivares e a interação blocos x cultivares que é o erro experimental. Foram medidos os caracteres número de vagens por planta e de sementes por vagem, massa de cem grãos, população final de plantas, número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita, altura de inserção da primeira e da última vagem e grau de acamamento. Foi realizada a análise de variância, estimado o coeficiente de repetibilidade e calculado o número de repetições. Experimentos com cinco repetições identificam cultivares de feijão superiores em relação aos seguintes grupos de caracteres: massa de cem grãos, número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita; população final de plantas, altura de inserção da última vagem e grau de acamamento; e número de vagens por planta, número de sementes por vagem e altura de inserção da primeira vagem, com, respectivamente, 95, 85 e 80% de exatidão no prognóstico de seu valor real.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., repetibilidade, seleção, planejamento experimental.

ABSTRACT

The aim of this research was to determine how many evaluations (replications) were necessary to predict the performance of common bean cultivars. Fourteen common beans cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) were evaluated in nine

experiments conducted at Santa Maria, in Rio Grande do Sul State, Brazil in the agricultural years of 2000/2001 and 2004/2005. In each experiment, it was used a randomized blocks design with three blocks or replications. In each block 14 cultivars were evaluated. Thus, the causes of variation were blocks, cultivars and interaction blocks x cultivars which is the experimental error. The following characters were measured: number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of 100 grains, final population of plants, number of days of the emergency to flowering, number of days of the emergency to harvest, height of first pod insertion, height of the final pod insertion and degree of the down. Analysis of variance was performed, the repeatability coefficient was estimated and the number of repetitions was calculated. Experiments with five replicates identify bean cultivars in relation to groups of characters: weight of 100 grains, number of days of the emergency to flowering and number of days of the emergency to harvest; final population of plants, height of the final pod insertion and degree of the down; and number of pods per plant, number of seeds per pod and height of first pod insertion, with respectively 95, 85 and 80% of real accuracy.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., repeatability, selection, experimental design.

INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento genético de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), além da produtividade de grãos, outros caracteres têm sido pesquisados. A seleção direcionada para outros caracteres de produção, de fenologia e de morfologia, pode ser alcançada. Um exemplo disso é a altura de inserção da

¹Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: cargnelutti@pq.cnpq.br. * Autor para correspondência.

primeira vagem, que é importante na seleção de uma cultivar adequada para colheita mecânica. Assim, o planejamento experimental adequado quanto ao dimensionamento do tamanho e da forma de parcela, do tamanho de amostra e do número de repetições, com base no caráter de interesse, pode proporcionar o sucesso esperado no programa de melhoramento.

Em feijão, o tamanho de amostra em relação aos caracteres peso de cem sementes, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de grãos por planta das cultivares 'Iraí' e 'Macanudo' foi estudado por ESTEFANEL et al. (1996). Também, o tamanho de amostra dos caracteres altura de inserção da primeira e da última vagem e o número de vagens por planta, de sementes por planta e de sementes por vagem, de 14 cultivares avaliadas em 10 experimentos foi investigado por CARGNELUTTI FILHO et al. (2008). De maneira geral, esses estudos mostraram que, para uma mesma precisão, há variabilidade do tamanho de amostra entre caracteres, cultivares e experimentos.

Possibilidades de planejamentos experimentais mais eficientes em feijão têm sido investigadas em estudos de tamanho de parcela (RAMALHO et al., 1977; ESTEFANEL et al., 1993), de uso de bordaduras (MARQUES JÚNIOR et al., 1997), de efeito da densidade de plantas sobre a precisão experimental (RIBEIRO et al., 2004) e do número de experimentos necessários para a comparação de cultivares (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006) e para a análise de agrupamento de cultivares (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009).

Estimativas de coeficiente de *repetibilidade*, por meio da análise de variância (CRUZ, 2006), têm sido utilizadas no dimensionamento do número de repetições para avaliar a produtividade de grãos, em um grupo de nove ensaios de feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009). Essa técnica de análise aproveita os dados experimentais existentes para redefinição ou manutenção de planejamentos experimentais. No entanto, nenhuma referência ao emprego da análise de *repetibilidade* para a estimativa do número de repetições, de caracteres de produção, de fenologia e de morfologia, na cultura do feijão, foi encontrada na literatura consultada.

O objetivo deste trabalho foi determinar o número de medições (repetições) necessário à predição do desempenho de cultivares de feijão, de caracteres de produção, de fenologia e de morfologia, na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Quatorze cultivares de feijão ('Carioca', 'Diamante Negro', 'Guapo Brillhante', 'Guateian 6662',

'IAPAR 44', 'Iraí', 'Macanudo', 'Macotaço', 'Minuano', 'Pérola', 'Rio Tibagi', 'TPS Bionobre', 'TPS Bonito' e 'TPS Nobre') foram avaliadas em nove experimentos conduzidos nos anos agrícolas 2000/2001 a 2004/2005, em área do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95m de altitude). Os experimentos foram realizados em duas épocas de cultivo: safra - semeadura em setembro ou outubro - e safrinha - semeadura em janeiro ou fevereiro. Os nove experimentos foram realizados na safra 2000/2001, safrinha 2001, safra 2001/2002, safrinha 2002, safra 2002/2003, safrinha 2003, safra 2003/2004, safrinha 2004 e safra 2004/2005, no delineamento blocos ao acaso, com três repetições (blocos). As unidades experimentais foram compostas de quatro fileiras de 4,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50m, e a área útil de 3,0m², obtida eliminando-se as duas fileiras externas e 0,5m em cada extremidade da parcela.

Em cada experimento, foram medidos os caracteres de produção (número de vagens por planta e de sementes por vagem, massa de cem grãos e população final de plantas), de fenologia (número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita) e de morfologia (altura de inserção da primeira vagem e da última vagem e grau de acamamento).

Em cada um dos nove experimentos, os dados dos caracteres de produção, de fenologia e de morfologia, seguiram um modelo estatístico de delineamento blocos ao acaso dado por:

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, no qual Y_{ij} é o valor observado da variável resposta na parcela ij , μ é a média geral, τ_i é o efeito da cultivar ($i = 1, 2, \dots, 14$), β_j é o efeito do bloco ($j = 1, 2, 3$) e ε_{ij} é o efeito do erro experimental suposto normal e independentemente distribuído com média 0 e variância comum σ^2 (STORCK et al., 2006). Os testes de Kolmogorov Smirnov, Levene, aditividade de Tukey e run test foram utilizados para verificar o atendimento, respectivamente, das pressuposições de normalidade dos erros, homogeneidade de variâncias, aditividade do modelo matemático e aleatoriedade dos erros, em nível de 5% de probabilidade de erro. Com base nos resultados da análise de variância, foram obtidas as estimativas do quadrado médio de cultivar (QM_C), do quadrado médio do erro (QM_E) e do valor do teste F para cultivar ($F_c = QM_C / QM_E$). Logo após, foi estimada a acurácia seletiva (AS) (RESENDE & DUARTE, 2007), por meio da expressão $AS = (1 - (1/F_c))^{0.5}$. Posteriormente, com base em AS, foi avaliada a precisão experimental de acordo com os limites de classes estabelecidos em CARGNELUTTI FILHO & STORCK (2009).

Foram consideradas as avaliações em cada bloco como medições realizadas no mesmo indivíduo

(cultivar) e foi estimado o coeficiente de *repetibilidade* (r), em cada caractere e experimento, por meio da análise de variância. Nesse estudo, o coeficiente de *repetibilidade* é o coeficiente de correlação intraclasses para cultivares e é estimado por meio da expressão,

$$r = [(QM_C - QM_E)/J] / [(QM_C - QM_E)/J + QM_E]$$

em que J é o número de medições ou repetições (CRUZ & REGAZZI, 1997; CRUZ, 2006).

O número mínimo de medições ou repetições (J) necessário para prever o valor real dos indivíduos (cultivares), com base nos coeficientes de determinação genotípico (R^2) pré-estabelecidos (0,85 e 0,95), foi calculado por meio da expressão $J = [R^2(1-r)] / [(1-R^2)r]$ (CRUZ & REGAZZI, 1997). O coeficiente de determinação genotípico (R^2), que representa a certeza da predição do valor real das cultivares selecionadas, com base em J medições realizadas, foi obtido pela expressão, $R^2 = [Jr] / [1 + r(J-1)]$ em que J é o número de medições realizadas ($J = 3$ blocos neste estudo) e r é o coeficiente de *repetibilidade* (CRUZ, 2006). Ainda, com base na média do coeficiente de *repetibilidade* (r) entre os nove experimentos, em cada um dos caracteres, foi calculado o coeficiente de determinação genotípico (R^2) em função de diferentes números de repetições (J variando de 0 até 50). Apesar de experimentos com zero repetição não ter sentido prático e com 50 repetições serem praticamente inviáveis de serem realizados, optou-se por esses limites para demonstrar graficamente o comportamento da relação entre R^2 e J , com base em um valor fixo de r ($r =$ média dos nove experimentos). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2006) e do aplicativo Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos 81 casos analisados (nove caracteres x nove experimentos), o teste de Kolmogorov Smirnov revelou que os erros ajustaram-se à distribuição normal ($P > 0,05$). Também em 100% dos casos as variâncias dos erros não foram consideradas heterogêneas ($P > 0,05$) pelo teste de Levene. Em apenas 11 casos (13,6%), o teste de aditividade de Tukey revelou não aditividade no modelo ($P \leq 0,05$) e, em cinco casos (6,2%), o run test revelou não aleatoriedade dos erros ($P \leq 0,05$). Portanto, os percentuais de atendimento dos pressupostos do delineamento em blocos ao acaso indicaram que os testes de hipóteses podem ser aplicados sem grandes restrições de validade (STORCK et al., 2006). Entre os 81 casos avaliados (nove caracteres x nove experimentos), o teste F da análise

de variância revelou efeito de bloco significativo ($P \leq 0,05$) em 22 casos (27,16%), evidenciando blocos heterogêneos e que o uso do delineamento blocos ao acaso foi adequado. Por outro lado, em 59 casos (72,84%), os blocos não foram heterogêneos (Tabela 1). Apesar de, na maioria dos casos, pela não significância do efeito de blocos, ser adequado o uso do delineamento inteiramente casualizado, o uso de blocos deve continuar sendo utilizado nessa área experimental, como forma de garantir o controle dessa fonte de heterogeneidade, no caso de sua existência.

Em relação à massa de cem grãos, ao número de dias da emergência ao florescimento, ao número de dias da emergência à colheita, à altura de inserção da última vagem e ao grau de acamamento, houve efeito de cultivar significativo ($P \leq 0,05$) nos nove experimentos, evidenciando a possibilidade de identificação de cultivares superiores, devido à heterogeneidade do germoplasma avaliado. Já, em relação ao número de vagens por planta, ao número de sementes por vagem, à população final de plantas e à altura de inserção da primeira vagem, não houve efeito significativo de cultivar em 2, 3, 1 e 2 experimentos, respectivamente. Nesses oito casos (9,88%), a não discriminação das cultivares, por meio do teste F, pode não ser devido a não existência de variabilidade genética e sim, provavelmente, à menor precisão experimental (CARGNELUTTI FILHO & STORCK, 2007, 2009; RESENDE & DUARTE, 2007). Nos 73 casos (90,12%) com efeito significativo de cultivares, a média do valor do teste F para cultivar (F_c), da acurácia seletiva (AS) e dos coeficientes de *repetibilidade* (r) e de determinação genotípico (R^2), com base nas três repetições, foi de 11,231, 0,898, 0,624 e 0,811, respectivamente. Enquanto que, nos ensaios em que não foram detectadas diferenças significativas, as médias de F_c , AS , r e R^2 foram, respectivamente, 1,629, 0,622, 0,188 e 0,398 (Tabelas 1 e 2). Esses resultados revelam que a não identificação de diferenças entre as cultivares está associada à menor precisão experimental.

A estatística acurácia seletiva (AS) oscilou entre 0,395 (altura de inserção da primeira vagem no experimento 4) e 0,992 (massa de cem grãos no experimento 6). De acordo com limites de classes estabelecidos em CARGNELUTTI FILHO & STORCK (2009), dos 81 casos avaliados, 39 apresentaram precisão experimental muito alta ($AS \geq 0,90$), 37 com precisão alta ($0,70 \leq AS < 0,90$), 3 casos com precisão moderada ($0,50 \leq AS < 0,70$) e 2 casos com precisão baixa ($AS < 0,50$) (Tabela 1). Esses resultados revelam que há variabilidade das precisões experimentais entre os caracteres e os experimentos.

Em relação à população final de plantas no experimento 2, o valor do teste F para cultivar (F_c) foi

Tabela 1 - Número de graus de liberdade (GL) e quadrado médio para as fontes de variação bloco e cultivar, valor do teste F para cultivar (Fc) e acurácia seletiva⁽¹⁾ (AS), para nove caracteres de 14 cultivares de feijão, avaliadas em nove experimentos.

GL	Experimento ⁽²⁾									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
----- Número de vagens por planta -----										
Bloco	2	6,36 ^{ns}	44,8*	242,11*	11,38 ^{ns}	14,56 ^{ns}	5,54 ^{ns}	12,41 ^{ns}	3,30 ^{ns}	27,20*
Cultivar	13	20,55*	45,24*	37,39*	25,12*	27,17*	6,58*	16,21 ^{ns}	6,11 ^{ns}	24,49*
Fc	-	2,45	8,44	4,23	3,24	2,92	2,87	1,99	1,79	5,11
AS	-	0,77	0,94	0,87	0,83	0,81	0,81	0,71	0,66	0,90
----- Número de sementes por vagem -----										
Bloco	2	0,04 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,94*	0,65 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Cultivar	13	0,77*	0,77 ^{ns}	1,53*	0,94*	0,65 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,99*	0,68*	0,82*
Fc	-	3,86	1,65	9,76	2,38	2,05	1,41	4,52	3,24	7,96
AS	-	0,86	0,63	0,95	0,76	0,72	0,54	0,88	0,83	0,94
----- Massa de cem grãos (g) -----										
Bloco	2	5,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	105,24*	25,05 ^{ns}	11,23 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,35 ^{ns}	3,18 ^{ns}	2,50 ^{ns}
Cultivar	13	49,65*	92,5*	62,28*	64,98*	50,71*	83,11*	117,09*	39,09*	63,72*
Fc	-	10,14	24,81	9,07	5,96	12,59	64,07	45,38	16,71	42,28
AS	-	0,95	0,98	0,94	0,91	0,96	0,99	0,99	0,97	0,99
----- População final de plantas (plantas 3m ⁻²) -----										
Bloco	2	296,88*	1261,93*	134,60 ^{ns}	328,07*	4,79 ^{ns}	225,93*	20,67 ^{ns}	105,17 ^{ns}	2,95 ^{ns}
Cultivar	13	212,84*	265,38 ^{ns}	295,51*	216,77*	181,92*	153,19*	142,04*	188,74*	306,88*
Fc	-	2,44	0,98	3,29	9,24	2,66	3,26	7,93	3,47	15,32
AS	-	0,77	-	0,83	0,94	0,79	0,83	0,93	0,84	0,97
----- Número de dias da emergência ao florescimento -----										
Bloco	2	1,17 ^{ns}	0,74 ^{ns}	31,50*	13,31*	0,50 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,17 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,93 ^{ns}
Cultivar	13	33,01*	29,68*	15,27*	19,23*	21,15*	12,59*	26,51*	20,05*	13,31*
Fc	-	37,31	25,29	4,36	7,73	22,60	3,84	29,96	15,18	11,23
AS	-	0,99	0,98	0,88	0,93	0,98	0,86	0,98	0,97	0,95
----- Número de dias da emergência à colheita -----										
Bloco	2	2,21 ^{ns}	0,88 ^{ns}	216,67*	11,21 ^{ns}	9,21*	4,74 ^{ns}	4,31*	1,24 ^{ns}	9,74*
Cultivar	13	74,08*	10,49*	12,40*	47,69*	54,43*	7,16*	17,74*	78,27*	18,28*
Fc	-	35,95	14,42	2,88	10,92	35,17	3,89	27,59	36,21	19,38
AS	-	0,99	0,96	0,81	0,95	0,99	0,86	0,98	0,99	0,97
----- Altura de inserção da primeira vagem (cm) -----										
Bloco	2	16,72 ^{ns}	146,71*	63,30*	28,82 ^{ns}	5,28 ^{ns}	12,26*	3,60 ^{ns}	15,40 ^{ns}	23,56*
Cultivar	13	136,22*	63,23*	23,02*	18,89 ^{ns}	62,75*	6,49 ^{ns}	16,51*	15,50*	34,60*
Fc	-	9,49	2,53	2,46	1,19	5,44	1,98	4,42	2,42	5,99
AS	-	0,95	0,78	0,77	0,40	0,90	0,70	0,88	0,77	0,91
----- Altura de inserção da última vagem (cm) -----										
Bloco	2	115,02 ^{ns}	54,26 ^{ns}	7,39 ^{ns}	81,11 ^{ns}	21,63 ^{ns}	9,47 ^{ns}	39,70 ^{ns}	71,79 ^{ns}	24,10 ^{ns}
Cultivar	13	362,54*	136,68*	115,62*	154,48*	267,29*	35,85*	167,00*	229,13*	150,93*
Fc	-	4,61	3,80	3,60	2,95	5,10	3,70	4,66	5,98	5,49
AS	-	0,88	0,86	0,85	0,81	0,90	0,85	0,89	0,91	0,90
----- Grau de acamamento ⁽³⁾ -----										
Bloco	2	5,81 ^{ns}	3,07*	20,31*	0,07 ^{ns}	1,02 ^{ns}	2,64 ^{ns}	3,50 ^{ns}	6,95*	0,02 ^{ns}
Cultivar	13	8,51*	8,34*	4,95*	5,68*	3,48*	12,49*	9,73*	4,91*	10,40*
Fc	-	3,70	20,62	2,33	3,04	3,40	9,53	5,88	5,78	9,45
AS	-	0,85	0,98	0,76	0,82	0,84	0,95	0,91	0,91	0,95

⁽¹⁾ Limites de classes de precisão estabelecidos em CARGNELUTTI FILHO & STORCK (2009): MA = muito alta (AS \geq 0,90), A = alta (0,70 \leq AS<0,90), M = moderada (0,50 \leq AS<0,70) e B = baixa (AS<0,50). ⁽²⁾ Experimentos: 1) Safra-2000/2001; 2) Safrinha-2001; 3) Safra-2001/2002; 4) Safrinha-2002; 5) Safra-2002/2003; 6) Safrinha-2003; 7) Safra-2003/2004; 8) Safrinha-2004 e 9) Safra-2004/2005. * Efeito significativo pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. ⁽³⁾ Escala de notas entre um a nove (1 : planta ereta; 9 : planta acamada).

Tabela 2 - Estimativa dos coeficientes de *repetibilidade* (r), dos coeficientes de determinação genotípico (R^2) e do número de medições (repetições) (J)⁽¹⁾, associado a diferentes R^2 de nove caracteres de 14 cultivares de feijão, avaliadas em nove experimentos.

Estatística	Experimento ⁽²⁾									Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
----- Número de vagens por planta -----										
r	0,327	0,713	0,519	0,428	0,390	0,384	0,249	0,209	0,578	0,422
R^2	0,593	0,882	0,764	0,691	0,657	0,652	0,498	0,442	0,804	0,686
$J(R^2=0,85)$	11,7	2,3	5,3	7,6	8,9	9,1	17,1	21,5	4,1	7,8
$J(R^2=0,95)$	39,2	7,7	17,6	25,4	29,7	30,4	57,4	72,1	13,9	26,1
----- Número de sementes por vagem -----										
r	0,488	0,177	0,745	0,315	0,259	0,121	0,540	0,428	0,699	0,419
R^2	0,741	0,393	0,898	0,579	0,512	0,292	0,779	0,691	0,874	0,684
$J(R^2=0,85)$	6,0	26,3	1,9	12,3	16,2	41,3	4,8	7,6	2,4	7,9
$J(R^2=0,95)$	20,0	88,1	6,5	41,4	54,2	138,4	16,2	25,4	8,2	26,4
----- Massa de cem grãos (g) -----										
r	0,753	0,888	0,729	0,623	0,794	0,955	0,937	0,840	0,932	0,828
R^2	0,901	0,960	0,890	0,832	0,921	0,984	0,978	0,940	0,976	0,935
$J(R^2=0,85)$	1,9	0,7	2,1	3,4	1,5	0,3	0,4	1,1	0,4	1,2
$J(R^2=0,95)$	6,2	2,4	7,1	11,5	4,9	0,9	1,3	3,6	1,4	4,0
----- População final de plantas (plantas 3m ²) -----										
r	0,324	-	0,433	0,733	0,357	0,430	0,698	0,451	0,827	0,532
R^2	0,590	-	0,696	0,892	0,625	0,693	0,874	0,712	0,935	0,773
$J(R^2=0,85)$	11,8	-	7,4	2,1	10,2	7,5	2,5	6,9	1,2	5,0
$J(R^2=0,95)$	39,6	-	24,9	6,9	34,3	25,2	8,2	23,1	4,0	16,7
----- Número de dias da emergência ao florescimento -----										
r	0,924	0,890	0,529	0,692	0,878	0,486	0,906	0,825	0,773	0,767
R^2	0,973	0,960	0,771	0,871	0,956	0,739	0,967	0,934	0,911	0,908
$J(R^2=0,85)$	0,5	0,7	5,1	2,5	0,8	6,0	0,6	1,2	1,7	1,7
$J(R^2=0,95)$	1,6	2,3	16,9	8,5	2,6	20,1	2,0	4,0	5,6	5,8
----- Número de dias da emergência à colheita -----										
r	0,921	0,817	0,385	0,768	0,919	0,491	0,899	0,921	0,860	0,776
R^2	0,972	0,931	0,652	0,908	0,972	0,743	0,964	0,972	0,948	0,912
$J(R^2=0,85)$	0,5	1,3	9,1	1,7	0,5	5,9	0,6	0,5	0,9	1,6
$J(R^2=0,95)$	1,6	4,2	30,4	5,7	1,7	19,7	2,1	1,6	3,1	5,5
----- Altura de inserção da primeira vagem (cm) -----										
r	0,739	0,337	0,327	0,058	0,597	0,245	0,533	0,321	0,625	0,420
R^2	0,895	0,604	0,593	0,156	0,816	0,494	0,774	0,586	0,833	0,685
$J(R^2=0,85)$	2,0	11,1	11,7	91,7	3,8	17,4	5,0	12,0	3,4	7,8
$J(R^2=0,95)$	6,7	37,3	39,1	307,5	12,8	58,4	16,7	40,2	11,4	26,2
----- Altura de inserção da última vagem (cm) -----										
r	0,546	0,483	0,464	0,394	0,577	0,474	0,550	0,624	0,599	0,523
R^2	0,783	0,737	0,722	0,661	0,804	0,730	0,785	0,833	0,818	0,767
$J(R^2=0,85)$	4,7	6,1	6,5	8,7	4,2	6,3	4,6	3,4	3,8	5,2
$J(R^2=0,95)$	15,8	20,3	21,9	29,3	13,9	21,1	15,6	11,5	12,7	17,3
----- Grau de acamamento ⁽³⁾ -----										
r	0,474	0,867	0,306	0,405	0,444	0,740	0,619	0,614	0,738	0,579
R^2	0,730	0,951	0,570	0,671	0,706	0,895	0,830	0,827	0,894	0,805
$J(R^2=0,85)$	6,3	0,9	12,8	8,3	7,1	2,0	3,5	3,6	2,0	4,1
$J(R^2=0,95)$	21,1	2,9	43,0	27,9	23,8	6,7	11,7	11,9	6,7	13,8

⁽¹⁾ Estimativas menores que um devem ser interpretadas como um. ⁽²⁾ Experimentos: 1) Safra-2000/2001; 2) Safrinha-2001; 3) Safra-2001/2002; 4) Safrinha-2002; 5) Safra-2002/2003; 6) Safrinha-2003; 7) Safra-2003/2004; 8) Safrinha-2004 e 9) Safra-2004/2005. ⁽³⁾ Escala de notas entre um a nove (1 : planta ereta; 9 : planta acamada).

de 0,98. Isso se deve ao fato de que o valor do quadrado médio de cultivar (QM_C) foi inferior ao quadrado médio do erro (QM_E). A menor variância entre as cultivares em relação à variância entre as repetições dentro de cultivar é inesperada e pode, provavelmente, ser explicada por problemas de amostragem (BARBIN, 1998). Esse valor de F_c inferior a um ocasiona

estimativas negativas dos coeficientes de *repetibilidade* (r), de determinação genotípico (R^2), do número de repetições (J) e, por isso, desconsiderou-se esse caso.

A variabilidade existente entre os experimentos quanto aos valores do teste F para cultivar (F_c), da acurácia seletiva (AS) e dos coeficientes

de *repetibilidade* (r) e de determinação genotípico (R^2), é particularmente importante nesse estudo, por representar diferentes situações reais e assim possibilitar inferências com aplicações gerais. Experimentos, que até poderiam ser descartados em razão da insuficiência na precisão experimental, de acordo com critérios de CARGNELUTTI FILHO & STORCK (2007, 2009) e de RESENDE & DUARTE (2007), foram mantidos. Assim, as estimativas do número de repetições (J) de determinados caracteres podem estar inflacionadas em experimentos com menor precisão experimental. Exemplo mais extremo dessa situação é o caso da altura de inserção da primeira vagem no experimento 4, que apresenta precisão experimental inferior ($F_c=1,19$; $AS=0,395$) aos demais oito experimentos (Tabela 1). A manutenção desses experimentos com menor precisão experimental, neste estudo, é particularmente importante, pois o pesquisador, ao planejar seu experimento, com base na média desses nove experimentos, pode obter precisões experimentais melhores que as aqui propostas. A variabilidade dessas estatísticas e como consequência da estimativa do número de repetições foi obtida em relação à produtividade de grãos de feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009). Esses autores verificaram que, para a identificação de cultivares superiores, com 85% de exatidão no prognóstico de seu valor real, o número de repetições oscilou entre 1,3 e 11,3, com média entre os nove experimentos de 5,09 (aproximadamente cinco repetições).

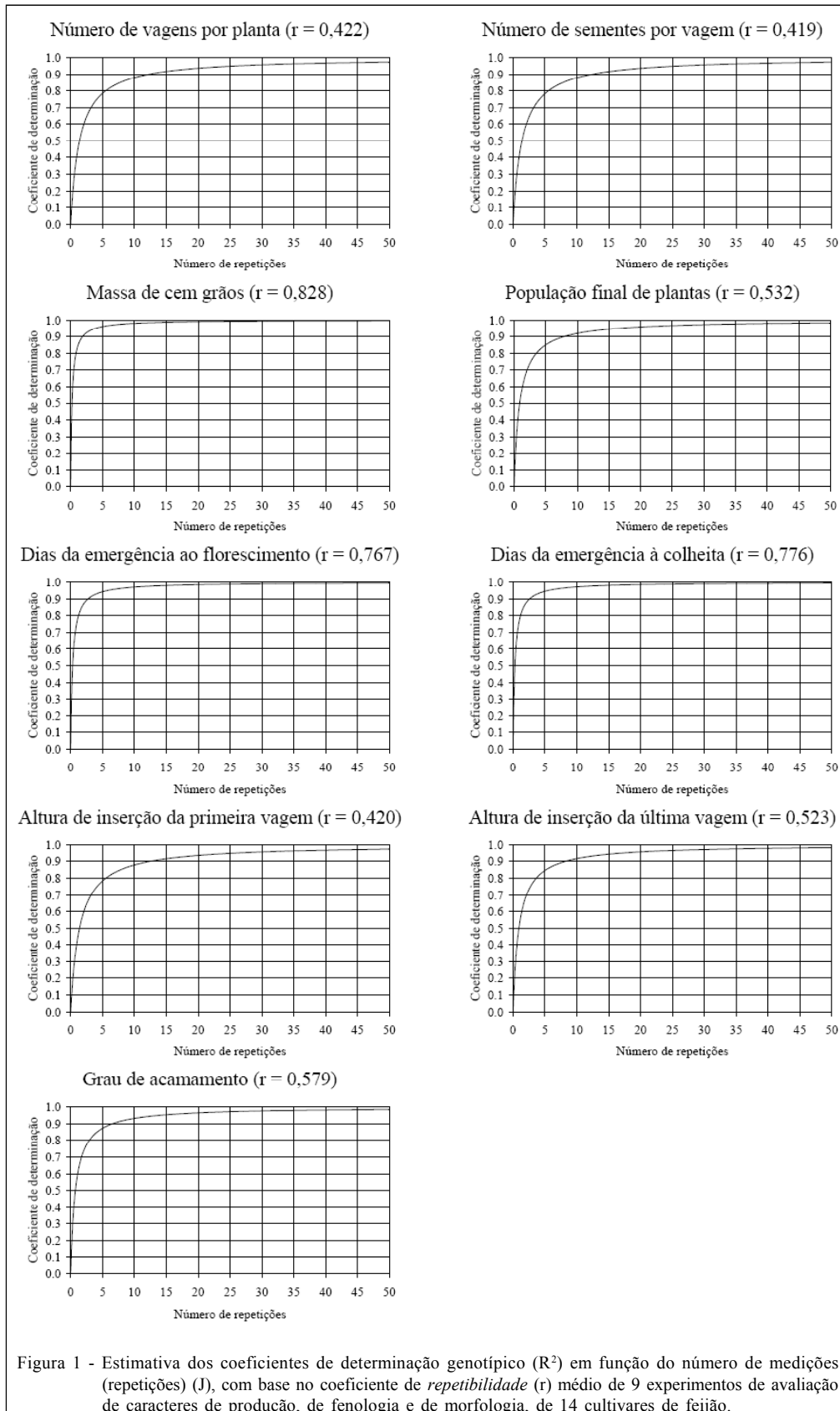
De maneira geral, esses nove caracteres dividem-se em três grupos com certa similaridade dentro do grupo e dissimilaridade entre os grupos (Tabelas 1 e 2 e Figura 1). Num primeiro grupo, designado neste estudo de grupo 1, estariam a massa de cem grãos e o número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita. Esses três caracteres estão associados a maiores escores do valor do teste F para cultivar (F_c), da acurácia seletiva (AS) e dos coeficientes de *repetibilidade* (r) e de determinação genotípico (R^2) e menores escores do número de repetições (J), associado a diferentes coeficientes de determinação genotípico (R^2). Em outro extremo, num terceiro grupo (grupo 3), os caracteres número de vagens por planta e sementes por vagem e altura de inserção da primeira vagem apresentaram situação contrastante em relação ao grupo 1. No grupo 3, os caracteres estão associados a menores valores do valor do teste F para cultivar (F_c), de acurácia seletiva (AS), dos coeficientes de *repetibilidade* (r), de determinação genotípico (R^2) e maiores valores do número de repetições (J) associado a diferentes coeficientes de determinação genotípico (R^2). Em situação intermediária, quanto às estatísticas

F_c , AS , r , R^2 e J , os caracteres população final de plantas, altura de inserção da última vagem e grau de acamamento formariam o grupo 2. Esses resultados sugerem que o dimensionamento do número de repetições deve ser específico por grupo de caracteres. De certa forma, esses resultados corroboram com ESTEFANEL et al. (1996) e com CARGNELUTTI FILHO et al. (2008), que encontraram variabilidade do tamanho de amostra entre cultivares, caracteres e experimentos de feijão.

Independentemente do caractere e do experimento, a magnitude da estimativa do coeficiente de *repetibilidade* (r) oscilou entre 0,058 e 0,955 (Tabela 2). Experimentos que apresentam menor coeficiente de *repetibilidade* requerem maior número de medições (repetições) para predizer o valor real de determinado caráter e vice-versa. Então, pode-se inferir que, para a seleção de cultivares superiores, com uma mesma precisão, há necessidade de um maior número de repetições, em relação aos caracteres dos grupos 3, 2 e 1, nessa ordem (Tabela 2).

O coeficiente de determinação genotípico (R^2), estimado a partir média do coeficiente de *repetibilidade* (r) entre os nove experimentos, foi de 0,935, 0,908 e 0,912, respectivamente, para os caracteres massa de cem grãos, número de dias da emergência ao florescimento e número de dias da emergência à colheita. Esses resultados indicam que três repetições possibilitaram detectar diferenças genotípicas com 93,5, 90,8 e 91,2% de certeza na predição do valor real da cultivar, respectivamente, em relação aos caracteres massa de cem grãos, número de dias da emergência ao florescimento e número de dias da emergência à colheita (Tabela 2). Em outro extremo, três repetições, possibilitaram detectar diferenças genotípicas com 68,6, 68,4 e 68,5% de certeza na predição do valor real da cultivar, respectivamente, quanto aos caracteres número de vagens por planta, número de sementes por vagem e altura de inserção da primeira vagem. Em situação intermediária, os caracteres população final de plantas, altura de inserção da última vagem e grau de acamamento apresentaram os valores de R^2 de 77,3, 76,7 e 80,5%, respectivamente.

Houve aumento insignificante do coeficiente de determinação genotípico (R^2), a partir de um determinado número de repetições ($J = 5$), o que reflete em um ganho inexpressivo na predição do valor real da cultivar (Figura 1). Os valores de R^2 podem ser estimados com exatidão, para os nove caracteres, tomando-se por base um determinado valor de r (média dos nove experimentos) e J . No entanto, devido à similaridade entre os caracteres de cada um dos três grupos, pode-se inferir que cinco repetições forneceram



valores de R^2 próximos de 95% para os caracteres massa de cem grãos, número de dias da emergência ao florescimento e número de dias da emergência à colheita. Proveram também R^2 de 85% para os caracteres população final de plantas, altura de inserção da última vagem e grau de acamamento e de 80% para os caracteres número de vagens por planta, número de sementes por vagem e altura de inserção da primeira vagem (Figura 1). Do ponto de vista prático, as informações disponibilizadas possibilitam ao pesquisador planejar seus experimentos mais adequadamente, particularmente quanto ao número de repetições adequado, caso o foco seja inferir sobre algum desses caracteres.

CONCLUSÃO

Na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, experimentos com cinco repetições identificam cultivares de feijão superiores em relação aos grupos de caracteres massa de cem grãos, número de dias da emergência ao florescimento e da emergência à colheita; população final de plantas, altura de inserção da última vagem e grau de acamamento; e número de vagens por planta, número de sementes por vagem e altura de inserção da primeira vagem, com respectivamente, 95, 85 e 80% de exatidão no prognóstico de seu valor real.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa aos autores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. 120p.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.39, p. 2419-2424, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000900006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 14 mar. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782009000900006.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número necessário de experimentos para a comparação de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.36, p.1701-1709, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000600006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782006000600006.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número necessário de experimentos para a análise de agrupamento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.39, p.371-378, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000200009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782008005000059.
- CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v.38, p.635-642, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 set. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000300007.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.17-24, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2007000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 set. 2009. doi: 10.1590/S0100-204X2007000100003.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.111-117, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000200001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 set. 2009. doi: 10.1590/S0100-204X2009000200001.
- CRUZ, C.D. **Programa genes: biometria**. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.
- ESTEFANEL, V. et al. Determinação do tamanho ideal da parcela para estimar o rendimento de grãos da cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.23, p.97-98, 1993.
- ESTEFANEL, V. et al. Tamanho da amostra para avaliação de componentes do rendimento na cultura do feijoeiro. **Ciência Rural**, v.26, p.367-370, 1996. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781996000300004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2010. doi: 10.1590/S0103-84781996000300004.
- MARQUES JÚNIOR, O.G. et al. Efeito de parcelas adjacentes na avaliação de alguns caracteres em cultivares de feijão. **Bragantia**, v.56, p.199-206, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051997000100021&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2010. doi: 10.1590/S0006-87051997000100021.
- RAMALHO, M.A.P. et al. Estimativa do tamanho ideal da parcela para os experimentos com a cultura do feijão. **Ciência Prática**, v.1, p.5-12, 1977.
- RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.
- RIBEIRO, N.D. et al. Precisão experimental na avaliação de cultivares de feijão de diferentes hábitos de crescimento. **Ciência Rural**, v.34, p.1371-1377, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000500008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 19 jul. 2010. doi: 10.1590/S0103-84782004000500008.
- STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2006. 198p.