

Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão

Number replications for the comparison in common bean cultivars

Alberto Cargnelutti Filho^{1*} Nerinéia Dalfollo Ribeiro¹ Lindolfo Storck¹

RESUMO

A economia de recursos humanos e financeiros, sem perder a precisão experimental, é considerada um fator importante no planejamento de experimentos. O objetivo deste trabalho foi determinar o número de medições (repetições) necessário à predição do desempenho de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Para isso, a produtividade de grãos de 14 cultivares de feijão foi avaliada em nove ensaios conduzidos na mesma área experimental, em Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95m de altitude), nos anos agrícolas 2000/2001 a 2004/2005. A partir das estimativas dos coeficientes de repetibilidade obtidas por três métodos – da análise de variância, dos componentes principais e da análise estrutural –, foi calculado o número de repetições. Ensaios com quatro repetições possibilitam a identificação de cultivares superiores de feijão em relação à produtividade de grãos, com 85% de exatidão no prognóstico de seu valor real.

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

ABSTRACT

The economy of human and financial resources, without losing the experimental precision, is considered an important factor in the planning of experiments. The objective of this research was to determine how many evaluations (replications) were necessary to predict the performance of common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. Grains yield of fourteen common beans cultivars were evaluated in nine experiments conducted at Santa Maria, in Rio Grande do Sul State, Brazil (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W, altitude 95m) in the agricultural years of 2000/2001 and 2004/2005. The repeatability estimations were obtained through variance, structural and principal component analysis of number repetitions and it was calculated. Assays with four replications are sufficient to identify superior cultivars of the common beans, in relation to the grains yield, with 85% real accuracy.

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

INTRODUÇÃO

Os princípios básicos de repetição, casualização e controle local são essenciais em experimentação para que sejam obtidas estimativas precisas e não viesadas da variância e de médias de tratamentos. No planejamento do experimento, o número adequado de repetições é questionamento comum entre os pesquisadores e importante para a obtenção de estimativas confiáveis.

Ao planejar um experimento, em blocos ao acaso, para comparar o desempenho de cultivares, é esperado que o valor observado de um caráter, em determinado tratamento (cultivar) e repetição (bloco), se repita no(s) próximo(s) bloco(s). No entanto, variações entre as repetições são comuns e podem alterar a posição relativa das cultivares, devido à interação blocos x cultivares, não estimável, que inflaciona o erro experimental (BARBIN, 2003).

A variabilidade entre as repetições de um mesmo tratamento gera o erro experimental. Quanto maior for essa variabilidade, maior será o coeficiente de variação, menor a precisão experimental e maior o número de repetições necessárias para representar determinado caráter. Existem metodologias para determinar o número de repetições num experimento (COCHRAN & COX, 1957; HATHEWAY, 1961; GOMES,

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.

1990; STEEL et al., 1997). No entanto, algumas dependem de experimentos específicos e outras metodologias são pouco precisas. Assim, a estimativa do número de repetições obtida de dados de vários experimentos realizados num determinado local minimiza custos e aproveita as informações existentes.

Em ensaios de comparação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), o desempenho relativo entre as cultivares avaliadas em um bloco (ambiente) poderá não ser o mesmo nos demais blocos, gerando dificuldade na seleção de cultivares superiores. Não é possível saber o desempenho das cultivares em blocos (ambientes) próximos, mas, por meio das avaliações em diferentes blocos, é possível estimar os coeficientes de repetibilidade da produtividade de grãos, ou seja, a probabilidade de aquele resultado se repetir em avaliações futuras. Também é possível estimar o número de observações fenotípicas necessárias (repetições) de um determinado caráter, que devem ser realizadas em cada indivíduo para que a discriminação (ou seleção) entre as cultivares seja feita com certo grau de confiabilidade e com economia de tempo e de mão-de-obra (CRUZ & REGAZZI, 1997).

O coeficiente de repetibilidade de um caráter pode ser conceituado, estatisticamente, como a correlação entre as medidas em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço, e a repetibilidade expressa a proporção da variância total, que é devida a variações proporcionadas pelo genótipo e alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (ABEYWARDENA, 1972; CRUZ & REGAZZI, 1997). Assim, a repetibilidade expressa o valor máximo que a herdabilidade pode atingir, pois representa a proporção da variância fenotípica, que é atribuída às diferenças genéticas, confundidas com os efeitos permanentes que atuam no genótipo. O número de medições necessárias na previsão do valor real do indivíduo é aquele em que os efeitos temporários do ambiente sobre o caráter tendem a se cancelar (CRUZ & REGAZZI, 1997).

Valores altos (próximos de um) de estimativas de repetibilidade para determinado caráter indicam que é viável prever o valor real do indivíduo, utilizando-se um número relativamente pequeno de medições, ocorrendo o inverso quando a repetibilidade é baixa (próximo de zero) (CRUZ & REGAZZI, 1997). Então, o emprego da análise de repetibilidade é uma ferramenta útil para determinar o número de medições (repetições) para uma adequada discriminação de cultivares.

Métodos para a obtenção de estimativas de coeficiente de repetibilidade, como o da análise de

variância, dos componentes principais (ABEYWARDENA, 1972; RUTLEDGE, 1974) e o da análise estrutural (MANSOUR et al., 1981), têm sido usados em culturas anuais como o tomateiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004b) e o feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006). No entanto, nenhuma referência ao emprego dessa metodologia para a estimativa do número de repetições 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, em relação à produtividade de grãos, 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 ensaios conduzidos 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 ensaios foram conduzidos, na mesma área experimental, nos anos agrícolas 2000/2001 a 2004/2005, em duas épocas de cultivo: safra - semeadura em setembro ou outubro, e safrinha - semeadura em janeiro ou fevereiro (Tabela 1).

Os nove ensaios foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. As unidades experimentais foram compostas de quatro fileiras de 4,0m de comprimento, espaçadas de 0,50m, e a área útil de 3,0m². O controle de insetos foi realizado com a aplicação de Metamidofós, e o controle de plantas invasoras foi manual e efetuado sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição.

Tabela 1 - Número do ensaio, ano agrícola, época de cultivo e data de semeadura de 14 cultivares de feijão.

Ensaio	Ano agrícola	Época de cultivo	Data de semeadura
1	2000/2001	Safra	06/11/2000
2	2001	Safrinha	06/02/2001
3	2001/2002	Safra	19/10/2001
4	2002	Safrinha	29/01/2002
5	2002/2003	Safra	07/11/2002
6	2003	Safrinha	12/02/2003
7	2003/2004	Safra	15/10/2003
8	2004	Safrinha	12/02/2004
9	2004/2005	Safra	27/10/2004

Foi avaliada a produtividade de grãos a 13% de umidade, e foram realizados a análise de variância e o teste F, a 5% de probabilidade de erro, em cada um dos ensaios. Calculou-se o valor da estatística diferença mínima significativa entre as cultivares pelo teste de Tukey (DMS), a 5% de probabilidade de erro, por meio da expressão $DMS = q_{\alpha(n; GL_E)} \sqrt{QM_E/J}$, em que $q_{\alpha(n; GL_E)}$ é o valor crítico da amplitude estudentizada para uso do teste de Tukey ($\alpha\%$), n é o número de cultivares e GL_E é o número de graus de liberdade do erro; QM_E é a estimativa do erro experimental; e J é o número de repetições.

Determinou-se a diferença mínima significativa entre as cultivares em percentagem da média geral (\hat{m}) por meio da expressão: $DMS\% = 100 DMS/\hat{m}$. Os componentes de variância fenotípica média ($\hat{\sigma}_r^2 = QM_T/J$), ambiental média ($\hat{\sigma}^2 = QM_E/J$) e genotípica média ($\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QM_T - QM_E}{J}$) foram obtidos.

Estimaram-se os coeficientes de variação experimental (CVe) e genético (CVg), em percentagem da média geral, respectivamente, por meio das

$$\text{expressões } CVe = 100 \frac{\sqrt{QM_E}}{\hat{m}} \text{ e } CVg = 100 \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\hat{m}}.$$

A correlação intraclasse foi calculada pela expressão

$$\hat{\rho} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + QM_E}.$$

Consideraram-se as avaliações em cada bloco como medições realizadas no mesmo indivíduo (cultivar) e estimaram-se os coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), em cada ensaio, pelos métodos da análise de variância (ANOVA); dos componentes principais com base nas matrizes de correlações (CPcor) e de variâncias e covariâncias fenotípicas (CPcov); e da análise estrutural, com base nas matrizes de correlações intraclasse (AEcor). O número mínimo de medições (η_0) necessário para predizer o valor real dos indivíduos (cultivares), com base nos coeficientes de determinação (R^2) pré-estabelecidos (0,80, 0,85, 0,90, 0,95 e 0,99), foi calculado como sendo $\eta_0 = (1 - \hat{r})R^2/\hat{r}(1 - R^2)$ (CRUZ & REGAZZI, 1997). As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste F da análise de variância revelou efeito de cultivar significativo em relação à produtividade de grãos, nos nove ensaios (Tabela 2), evidenciando a possibilidade de identificação de

cultivares superiores devido à heterogeneidade do germoplasma avaliado.

A estatística coeficiente de variação experimental (CVe), em relação à produtividade de grãos, oscilou de 9,52% (Ensaio 9) a 35,22% (Ensaio 6), e a diferença mínima significativa, em percentagem da média (DMS%), variou de 28,65% (Ensaio 9) a 105,96% (Ensaio 6), revelando que ocorre variabilidade das precisões experimentais entre os ensaios (Tabela 2).

Dos nove ensaios, de acordo com os limites de classe dessas estatísticas estabelecidos por LÚCIO et al. (1999), dois apresentaram precisão alta ($7,0 < CVe \leq 15,5$ e $15,0 < DMS\% \leq 42,5$), seis demonstraram precisão média ($15,5 < CVe \leq 27,0$ e $42,5 < DMS\% \leq 80,0$) e um apresentou baixa precisão ($27,0 < CVe \leq 35,5$ e $80,0 < DMS\% \leq 107,5$). Os ensaios com CVe alto e muito alto são preocupantes. Assim, segundo os três critérios de classificação dos CVe da produtividade de grãos de feijão (OLIVEIRA et al., 2009), apenas os ensaios 4 e 6 tem CVe alto e muito alto.

Os ensaios 2, 4, 6 e 8, conduzidos na safrinha, apresentaram menores precisões experimentais (maiores valores de CVe e DMS%) em relação aos ensaios realizados na safra, sugerindo que há necessidade de aplicação de técnicas experimentais específicas por época de cultivo. Assim, as técnicas experimentais, como a adequação do delineamento quanto ao tamanho da parcela e ao número de repetições (RAMALHO et al., 1977; ZIMMERMANN, 1982; BERTOLUCCI et al., 1991; ESTEFANEL et al., 1993), o uso de bordaduras (RIBEIRO et al., 2001) e o tamanho de amostra (ESTEFANEL et al., 1996; CARGNELUTTI FILHO et al., 2008), devem ser revistas, pois são importantes para a melhoria da precisão experimental.

Os ensaios 3, 6, 7 e 8 apresentaram relação entre os coeficientes de variação genética e experimental (CVg/CVe) inferiores a um, revelando predominância do efeito ambiental sobre as cultivares, em comparação com os demais ensaios, cuja relação foi superior a um, demonstrando que, para estes últimos, há maior variabilidade genética em relação à ambiental (Tabela 2). Nos ensaios 1, 2, 4, 5 e 9, a diferenciação genética entre as cultivares foi mais eficiente devido à menor expressão do ambiente sobre a produtividade de grãos.

Os ensaios 3, 6, 7 e 8 também apresentaram os menores valores de coeficiente de determinação e de coeficiente de correlação intraclasse ($\hat{\rho}$), que corresponde ao coeficiente de repetibilidade (\hat{r}). Independentemente do ensaio e do método, a magnitude da estimativa do coeficiente de repetibilidade (\hat{r}) oscilou entre 0,28 e 0,86 (Tabela 3). Ensaios que apresentam menor coeficiente de

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (fontes de variação, números de graus de liberdade, quadrados médios e respectivas significância) da produtividade de grãos, em kg ha⁻¹, de 14 cultivares de feijão, avaliadas em nove ensaios, média, coeficiente de variação experimental (CVe), diferença mínima significativa a 5%, pelo teste de Tukey (DMS), diferença mínima significativa a 5%, pelo teste de Tukey, em percentagem da média (DMS%), estimativas dos componentes da variância fenotípica média ($\hat{\sigma}_f^2$), ambiental média ($\hat{\sigma}^2$) e genotípica média ($\hat{\sigma}_g^2$), correlação intraclassa ($\hat{\rho}$), coeficiente de variação genético (CVg) e relação entre os coeficientes de variação (CVg/CVe).

Fonte de variação	GL	Ensaio ⁽¹⁾									Média
		Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	
Blocos	2	38.200 ^{ns}	120.700 ^{ns}	12.583.689*	102.350 ^{ns}	98.528 ^{ns}	39.081*	62.318 ^{ns}	141.186*	461.830*	
Cultivares	13	519.154*	295.169*	356.885*	191.602*	1.230.219*	25.186*	168.284*	82.211*	499.318*	
Resíduo	26	95.559	38.839	142.269	35.040	128.157	8.648	74.071	38.313	34.362	
Média		1.794	888	2.336	741	1.872	264	1.966	882	1.947	1.410
CVe (%)		17,23	22,20	16,15	25,27	19,12	35,22	13,84	22,19	9,52	20,08
DMS		930	593	1.135	563	1.077	280	819	589	558	727
DMS%		51,83	66,80	48,59	76,03	57,54	105,96	41,65	66,78	28,65	60,43
$\hat{\sigma}_f^2$		173.051	98.390	118.962	63.867	410.073	8.395	56.095	27.404	166.439	124.742
$\hat{\sigma}^2$		31.853	12.946	47.423	11.680	42.719	2.883	24.690	12.771	11.454	22.047
$\hat{\sigma}_g^2$		141.198	85.443	71.539	52.188	367.354	5.513	31.404	14.633	154.986	102.695
$\hat{\rho}$		0,60	0,69	0,33	0,60	0,74	0,39	0,30	0,28	0,82	0,53
CVg (%)		20,94	32,93	11,45	30,84	32,38	28,12	9,01	13,72	20,22	22,18
CVg/CVe		1,22	1,48	0,71	1,22	1,69	0,80	0,65	0,62	2,12	1,17

⁽¹⁾ Descrição dos ensaios na tabela 1.

^{ns} Não significativo. * Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

repetibilidade requerem maior número de medições (repetições) para prever o valor real de determinado caráter e vice-versa. Então, pode-se inferir que, para a seleção de cultivares superiores nos ensaios 3, 6, 7 e 8, maior número de repetições será necessário.

A heterogeneidade dos quadrados médios dos resíduos (Tabela 2) pode afetar as estimativas dos coeficientes de repetibilidade se for considerado que as estimativas das variâncias entre as 14 cultivares são fixas para os ensaios. No entanto, esses resultados são representativos de uma realidade e podem indicar que os coeficientes de repetibilidade estimados têm aplicação geral.

Os coeficientes de determinação (R^2) associados às estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{\rho}$) foram iguais ou superiores a 53,40%, independentemente do método de estimativa de $\hat{\rho}$ e do ensaio, indicando que três repetições possibilitam detectar diferenças genotípicas com 53,40% ou mais de certeza na predição do valor real da cultivar (Tabela 3).

Em sete ensaios (77,78%), o método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância (CPcov), apresentou maiores valores de coeficientes de repetibilidade. No ensaio 4, o valor de $\hat{\rho}$ = 0,60 foi observado nos quatro métodos avaliados, e no ensaio 3 maior valor foi observado no método dos

componentes principais, com base na matriz de correlações (CPcor). Predomínio de maiores valores de coeficientes de repetibilidade do método CPcov em relação aos demais foi obtido em caracteres de *Panicum maximum* (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004a), de tomateiro (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004b) e de feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006).

Por outro lado, de maneira geral, as estimativas dos coeficientes de repetibilidade, obtidas pelos métodos da análise de variância (ANOVA) e análise estrutural, com base na matriz de correlações intraclassa (AEcor), apresentaram valores ligeiramente inferiores em todos os ensaios. Esses resultados corroboram os de ABEYWARDENA (1972), ao relatar que a estimativa mais adequada do coeficiente de repetibilidade, quando os genótipos apresentam comportamento cíclico ao longo das avaliações em relação ao caráter estudado, é aquela obtida pelo método baseado nos componentes principais.

Na média dos ensaios, o coeficiente de repetibilidade, obtido pelos métodos ANOVA, CPcov, CPcor e AEcor, foi, respectivamente, de 0,53, 0,59, 0,55, e 0,54, e o coeficiente de determinação foi de 74,23%, 79,33%, 76,04%, e 75,72%, confirmando a necessidade de um menor número de repetições pelo método CPcov (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004a; CARGNELUTTI FILHO et al., 2004b; CARGNELUTTI FILHO et al., 2006).

Número de repetições para a comparação de cultivares de feijão.

Tabela 3 - Estimativas dos coeficientes de repetibilidade ($\hat{\Gamma}$), dos coeficientes de determinação (R^2) e do número de medições (repetições) (η_o)⁽²⁾ associado a diferentes coeficientes de determinação (R^2) da produtividade de grãos de 14 cultivares de feijão, avaliadas em nove ensaios, considerando diferentes métodos.

Método ⁽²⁾	Estimativas	Ensaio ⁽¹⁾									Média ⁽³⁾
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ANOVA	$\hat{\Gamma}$	0,60	0,69	0,33	0,60	0,74	0,39	0,30	0,28	0,82	0,53
	R^2 (%)	81,59	86,84	60,14	81,71	89,58	65,66	55,98	53,40	93,12	74,23
	$\eta_o(R^2=0,80)$	2,7	1,8	8,0	2,7	1,4	6,3	9,4	10,5	0,9	3,59
	$\eta_o(R^2=0,85)$	3,8	2,6	11,3	3,8	2,0	8,9	13,4	14,8	1,3	5,09
	$\eta_o(R^2=0,90)$	6,1	4,1	17,9	6,0	3,1	14,1	21,2	23,6	2,0	8,09
	$\eta_o(R^2=0,95)$	12,9	8,6	37,8	12,8	6,6	29,8	44,8	49,7	4,2	17,08
	$\eta_o(R^2=0,99)$	67,0	45,0	196,9	66,5	34,5	155,3	233,5	259,2	21,9	88,97
CP(cov)	$\hat{\Gamma}$	0,67	0,74	0,37	0,60	0,76	0,48	0,44	0,38	0,86	0,59
	R^2 (%)	85,64	89,38	63,31	81,88	90,43	73,23	70,00	65,16	94,96	79,33
	$\eta_o(R^2=0,80)$	2,0	1,4	7,0	2,7	1,3	4,4	5,1	6,4	0,6	2,81
	$\eta_o(R^2=0,85)$	2,9	2,0	9,9	3,8	1,8	6,2	7,3	9,1	0,9	3,98
	$\eta_o(R^2=0,90)$	4,5	3,2	15,6	6,0	2,9	9,9	11,6	14,4	1,4	6,32
	$\eta_o(R^2=0,95)$	9,6	6,8	33,0	12,6	6,0	20,8	24,4	30,5	3,0	13,33
	$\eta_o(R^2=0,99)$	49,8	35,3	172,1	65,7	31,4	108,6	127,3	158,8	15,8	69,48
CP(cor)	$\hat{\Gamma}$	0,60	0,71	0,38	0,60	0,75	0,40	0,32	0,32	0,84	0,55
	R^2 (%)	81,77	88,16	64,77	81,78	89,97	66,74	58,99	58,31	93,90	76,04
	$\eta_o(R^2=0,80)$	2,7	1,6	6,5	2,7	1,3	6,0	8,3	8,6	0,8	3,32
	$\eta_o(R^2=0,85)$	3,8	2,3	9,2	3,8	1,9	8,5	11,8	12,2	1,1	4,70
	$\eta_o(R^2=0,90)$	6,0	3,6	14,7	6,0	3,0	13,5	18,8	19,3	1,8	7,46
	$\eta_o(R^2=0,95)$	12,7	7,7	31,0	12,7	6,4	28,4	39,6	40,8	3,7	15,75
	$\eta_o(R^2=0,99)$	66,2	39,9	161,5	66,2	33,1	148,0	206,5	212,4	19,3	82,08
AE(cor)	$\hat{\Gamma}$	0,59	0,71	0,36	0,60	0,75	0,40	0,32	0,32	0,84	0,54
	R^2 (%)	81,42	88,08	63,03	81,72	89,96	66,62	58,61	58,16	93,85	75,72
	$\eta_o(R^2=0,80)$	2,7	1,6	7,0	2,7	1,3	6,0	8,5	8,6	0,8	3,37
	$\eta_o(R^2=0,85)$	3,9	2,3	10,0	3,8	1,9	8,5	12,0	12,2	1,1	4,77
	$\eta_o(R^2=0,90)$	6,2	3,7	15,8	6,0	3,0	13,5	19,1	19,4	1,8	7,57
	$\eta_o(R^2=0,95)$	13,0	7,7	33,4	12,7	6,4	28,6	40,2	41,0	3,7	15,99
	$\eta_o(R^2=0,99)$	67,8	40,2	174,2	66,4	33,1	148,8	209,7	213,7	19,5	83,30

⁽¹⁾ Descrição dos ensaios na tabela 1.

⁽²⁾ ANOVA: análise de variância; CP(cov): componentes principais das variâncias e covariâncias; CP(cor): componentes principais das correlações; AE(cov): AE(cor): análise estrutural das correlações. ⁽³⁾ Estimativas menores que um devem ser interpretadas como um. ⁽³⁾ Média de $\hat{\Gamma}$ e R^2 .

Os valores altos do coeficiente de repetibilidade indicam regularidade da superioridade das cultivares de um bloco para outro, dentro do mesmo ensaio, e consequentemente necessidade de menor número de repetições para realizar a identificação de uma cultivar superior.

Em relação à produtividade de grãos, considerando o método dos componentes principais, baseado na matriz de covariância (CPcov), que apresentou maior coeficiente de repetibilidade (média dos

nove ensaios= 0,59), seriam necessárias 69 repetições, ou seja, $\eta_o(R^2=0,99) = (1-0,59)/0,99 = 0,59/0,99 = 0,5959$, para afirmar-se, com 99% de precisão, a superioridade de uma determinada cultivar, para as condições da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Do ponto de vista prático, a condução de um ensaio com esse número de repetições é praticamente inviável, pela alta demanda de custo, pessoal, tempo e mão-de-obra. No entanto, é possível, identificar cultivares superiores para um local com menor número de repetições, porém

a precisão dessa inferência é menor, significando que a cultivar selecionada poderá não ser a melhor.

Há variabilidade do número de repetições entre os ensaios. No entanto, considerando um valor médio, pode-se inferir que, pelo método CPcov, é possível identificar cultivares superiores, em relação à produtividade de grãos, com precisão de 85%, com quatro repetições.

A aplicação de quatro blocos nos ensaios de Valor de Cultivo e Uso conduzidos na região Sul do Brasil tem sido acordada, recentemente, entre os executores dos ensaios. Com isso, pode-se conferir maior precisão experimental na etapa de registro de novas cultivares de feijão no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.

CONCLUSÃO

Na região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, ensaios com quatro repetições identificaram cultivares de feijão superiores em relação à produtividade de grãos, com 85% 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

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, v.61, p.27-51, 1972.

BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônomicos**. Arapongas: Midas, 2003. 208p.

BERTOLUCCI, F.L.G. et al. Alternativas de tamanho e forma da parcela para avaliação de progênies de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v.15, p.295-305, 1991.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Análise de repetibilidade de caracteres forrageiros de genótipos de *Panicum maximum*, avaliados com e sem restrição solar. **Ciência Rural**, v.34, p.723-729, 2004a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000300011&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782004000300011.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.953-959, 2004b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004001000002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S0100-204X2004001000002.

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: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782006000600006.

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: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782008000300007.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental design**. 2.ed. New York: John Wiley, 1957. 611p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

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.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel 1990. 468p.

HATHEWAY, W.H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, v.53, p.279-280, 1961.

LÚCIO, A.D. et al. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, p.99-103, 1999.

MANSOUR, H. et al. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, v.60, p.151-156, 1981.

OLIVEIRA, R.L. et al. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.113-119, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000100016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S1413-70542009000100016.

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.

RIBEIRO, N.D. et al. Bordadura em ensaios de competição de genótipos de feijoeiro relacionados à precisão experimental. **Ciência Rural**, v.31, p.13-17, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000100003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782001000100003.

RUTLEDGE, J.J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. **Journal of Genetics**, v.61, p.247-250, 1974.

STEEL, R.G.D. et al. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.

ZIMMERMANN, F.J.P. Tamanho e forma de parcela para pesquisa de feijão consorciado com milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.741-743, 1982.