

Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão

Sample size of the characters in common bean cultivars

Alberto Cargnelutti Filho^I Nerinéia Dalfollo Ribeiro^{II} Lindolfo Storck^{II} Evandro Jost^{III}
Nerison Luis Poersch^{IV}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra necessária para avaliar caracteres de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e verificar a variabilidade do tamanho de amostra entre cultivares e entre experimentos. Quatorze cultivares de feijão foram avaliadas em dez experimentos conduzidos em Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95m de altitude), nos anos agrícolas de 2000/2001 a 2005/2006. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, e foram avaliados os caracteres altura de inserção de primeira e de última vagem, e o número de vagens por planta, de sementes por planta e de sementes por vagem em cinco plantas amostradas aleatoriamente na parcela. Há variabilidade do tamanho de amostra entre cultivares quanto à altura de inserção de última vagem, ao número de vagens por planta e ao número de sementes por planta. Entre experimentos há variabilidade quanto à altura de inserção de primeira vagem, à altura de inserção de última vagem, ao número de vagens por planta, ao número de sementes por planta e ao número de sementes por vagem. Para melhorar a precisão da avaliação de caracteres em plantas de feijão, deve-se usar maior número de repetições e, pelo menos, 10 plantas por unidade experimental.

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

ABSTRACT

The aim of this research was to determine the sample size of characters in different common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars and to verify its variability among cultivars and experiments. Fourteen common beans cultivars were

evaluated in ten experiments conducted in Santa Maria, Rio Grande do Sul State, Brazil (latitude 29°42' S, longitude 53°49' W, altitude 95m), in agricultural years from 2000/2001 to 2005/2006. Randomized blocks design with three repetitions was installed to evaluate the following characters: height of first pod insertion, height of the final pod insertion, number of pods per plant, seeds per plant and seeds per pod in five plants sampled at random in each plot. It was found variability in the sample size among cultivars in relation to height of the final pod insertion, number of pods per plant and seeds per plant. When the ten experiments were compared, results also show variability of the sample size in relation to height of first pod insertion, height of the final pod insertion, number of pods per plant, seeds per plant and seeds per pod. To improve the experimental precision in the evaluation of characters in common beans plants it is recommended to increase the number of repetitions and use at least ten plants per plot.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., experimental planning, sampling.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de tempo, mão-de-obra, recursos financeiros e humanos, muitas vezes, são limitantes para a avaliação de grande número de genótipos, pois a análise de muitos caracteres em cada genótipo é comum nos programas de melhoramento de plantas. Nesses casos, a amostragem de plantas dentro da unidade experimental é uma alternativa adequada. Os dados da amostra são usados na estimação de

^IDepartamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 9500, Bairro Agronomia, 91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: cargnelutti@ufrgs.br. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{IV}Curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

parâmetros de um caráter de todas as plantas de uma unidade experimental. A diferença entre o parâmetro (população) e a estimativa (amostra) é denominada erro amostral ou erro de amostragem. O erro diminui à medida que o tamanho de amostra aumenta (BARBIN, 2003).

Em experimentação, as variações entre as parcelas (repetições) de um mesmo tratamento geram o erro experimental e este deve estar dentro de limites aceitáveis para obtenção de estimativas confiáveis dos efeitos dos tratamentos. Alternativas para melhorar a precisão experimental são destacadas em RAMALHO et al. (2000) e em STORCK et al. (2006). Entre as alternativas, inclui-se o dimensionamento do número de repetições. Ao planejar um experimento, existe necessidade de dimensionar a amostra dentro da parcela e o número de repetições do experimento, conforme estudos de MARTIN et al. (2005). De acordo com os autores, há interferências genéticas e ambientais sobre o tamanho de amostra para diferentes caracteres em espigas de milho.

O uso da amostragem gera um erro dentro da parcela e esse deve ser minimizado por um tamanho de amostra adequado. O assunto já foi estudado para progênies S₁ de milho (PINTO et al., 2000), para diferentes atributos de espigas de milho (MARTIN et al., 2005), e para componentes do rendimento de grãos de feijão (ESTEFANEL et al., 1996).

Na cultura do feijão, o estudo do tamanho da unidade experimental e do número de repetições tem sido o foco do maior número de trabalhos (RAMALHO et al., 1977; ZIMMERMANN, 1982; BERTOLUCCI et al., 1991; ESTEFANEL et al., 1993), se comparado com estudos do tamanho de amostra para diferentes caracteres das plantas nas unidades experimentais (ESTEFANEL et al., 1996; ARAUJO et al., 2004). Um caso bem particular de estimativa do tamanho de amostra para caracteres das raízes de plantas de feijão, por análises de imagem, foi estudado por ARAUJO et al. (2004).

O uso de três repetições (blocos) e a amostragem de cinco plantas por parcela para avaliar a altura de inserção de primeira vagem, altura de inserção de última vagem, número de vagens por planta, número de sementes por planta e número de sementes por vagem é comum em ensaios de feijão na região sul do Brasil. No entanto, o tamanho de amostra desses caracteres é pouco conhecido.

O tamanho de amostra para avaliação de componentes do rendimento de grãos, na cultura do feijão com dois anos de avaliação e com as cultivares "Iraí" e "Macanudo", foi estudado por ESTEFANEL et al. (1996). Os autores concluíram que o número de

unidades amostrais requerido para precisões de estimativa com erro de $\pm 10\%$ do valor da média somente é viável, do ponto de vista prático, para o número de sementes por vagem, e peso de 100 sementes e de $\pm 20\%$, para o número de vagens por planta e peso de grãos por planta.

O tamanho de amostra de mais caracteres, em maior número de cultivares e com base em maior número de anos de avaliação, é importante e pouco conhecido. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho de amostra para avaliar caracteres de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e verificar sua variabilidade entre cultivares e entre experimentos (épocas e anos de avaliação).

MATERIAL E MÉTODOS

Quatorze cultivares de feijão ("Carioca", "Diamante Negro", "TPS Nobre", "Guapo Brilhante", "Guateian 6662", "Iapar 44", "Iraí", "Macanudo", "Macotaço", "Minuano", "Pérola", "Rio Tibagi", "TPS Bionobre" e "TPS Bonito") foram avaliadas em experimentos conduzidos em área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95m de altitude).

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 e 2005/2006, em duas épocas de cultivo: safra - semeadura em setembro ou outubro - e safrinha - semeadura em janeiro ou fevereiro. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram compostas de quatro fileiras de 4m de comprimento, espaçadas de 0,50m, e área útil de 3m². A densidade de semeadura foi ajustada de acordo com o hábito de crescimento de cada cultivar (CEPEF, 2000).

O solo foi preparado de maneira convencional e a adubação foi realizada no sulco da semeadura, de acordo com a interpretação da análise química do solo. A adubação nitrogenada em cobertura foi parcelada em duas aplicações de 40kg ha⁻¹ de nitrogênio nos estádios vegetativos de primeira e terceira folhas trifolioladas, V3 e V4, respectivamente. Os tratos culturais, como controle de insetos e de plantas invasoras, foram realizados sempre que necessário, de maneira que a cultura não sofresse competição (CEPEF, 2000).

A altura de inserção de primeira (APV) e de última vagem (AUV) foi obtida por medições feitas em cinco plantas, tomadas ao acaso, da parcela útil (3m²), considerando-se a distância entre o nível do solo em relação ao ponto de inserção de primeira e de última

vagem, respectivamente. Nessas cinco plantas, foi contado, também, o número de vagens por planta (NVP) e de sementes por planta (NSP). O número de sementes por vagem (NSV) foi obtido dividindo-se NSP por NVP.

Em cada experimento, em relação aos caracteres APV, AUV, NVP, NSP e NSV, aplicou-se a análise de variância nos dados resultantes de delineamento em blocos completos ao acaso com amostragem nas parcelas e teste F a 5% de significância.

A partir dos dados das cinco plantas amostradas em cada unidade experimental (parcela) de cada cultivar, em cada experimento, foi estimado o tamanho de amostra (n) para os caracteres APV, AUV, NVP, NSP e NSV, usando a expressão $n = t_{\alpha/2}^2 CV^2 / D^2$, em que o CV é o coeficiente de variação entre as cinco plantas - em percentagem; D é a semi-amplitude do intervalo de confiança - em percentagem, para a média (estabeleceu-se D=5%, D=10%, D=20%, D=30% e D=40%); e t é o valor crítico da distribuição t, ao nível de 5% de significância. Assim, obtiveram-se 25 variáveis (tamanho de amostra) formadas pela combinação dos cinco caracteres (APV, AUV, NVP, NSP e NSV) com os níveis de precisão de 5% (D5), 10% (D10), 20% (D20), 30% (D30) e 40% (D40) da média estimada, na unidade experimental.

Essas 25 variáveis (tamanho de amostra) foram submetidas à análise de variância conjunta, considerando cultivares e experimentos de efeito fixo. As médias dos efeitos principais de cultivares e experimentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (RAMALHO et al., 2000) a 5% de significância. As análises estatísticas foram procedidas com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2001) e do aplicativo Office Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação: experimental (CVe) e amostral (CVa) oscilaram de CVe=14,10% e CVa=11,91% (número de sementes vagem⁻¹ - safra-2004/2005) até CVe=150,64% e CVa=68,54% (altura de inserção de primeira vagem - safra-2000/2001) (Tabela 1). LÚCIO et al. (1999), em relação ao rendimento de grãos de feijão, classificaram os experimentos com média precisão experimental (CVe entre 15,5% e 27,0%), baixa precisão experimental (CVe entre 27,0% e 35,5%) e muito baixa precisão experimental (CVe >35,5%). Assim, de maneira geral, esses resultados sugerem a necessidade de rever as técnicas experimentais utilizadas para o feijão, como a adequação do delineamento quanto ao tamanho da parcela e ao número de repetições (ZIMMERMANN et al., 1982; BERTOLUCCI et al., 1991; ESTEFANEL et al., 1993;

RAMALHO et al., 1977), ao uso de bordaduras (RIBEIRO et al., 2001) e ao tamanho de amostra (ESTEFANEL et al., 1996), pois são importantes para a melhoria da precisão experimental. Também é oportuno considerar que a utilização de linhas de bordaduras, somadas à área útil, não melhora a precisão de ensaios de competição de linhagens de feijão (RIBEIRO et al., 2001).

O CVe médio dos 10 experimentos foi 28,6%, 37,4%, 55,7%, 58,7% e 63,7%, respectivamente, quanto aos caracteres NSV, AUV, NVP, APV e NSP, evidenciando menor e maior variabilidade ambiental entre unidades experimentais, nessa ordem. Já o CVa médio dos 10 experimentos foi 16,9%, 23,2%, 40,3%, 35,2% e 44,4%, respectivamente, para os caracteres NSV, AUV, NVP, APV e NSP, evidenciando menor variabilidade amostral dentro de unidades experimentais que entre unidades experimentais. O CVe, na maioria dos casos, foi superior ao CVa, evidenciando maior variabilidade entre as parcelas em relação à variabilidade entre as plantas dentro das parcelas. Isso revela necessidade de maior número de repetições para melhoria da precisão experimental (BARBIN, 2003).

Os resultados obtidos, de maneira geral, evidenciam baixa precisão experimental dos caracteres com a metodologia atual de avaliação (amostragem de cinco plantas por parcela). A baixa precisão experimental pode levar à seleção inadequada de genótipos. Sendo assim, o redimensionamento do número de repetições e do tamanho de amostra poderia contribuir para a obtenção de estimativas mais precisas.

O erro experimental (variação entre parcelas) foi significativo ($P \leq 0,05$) em 60%, 90%, 60%, 70% e 70% dos experimentos, respectivamente, em relação aos caracteres APV, AUV, NVP, NSP e NSV (amostragem foi eficiente). Nesses casos, o uso de um maior número de repetições em detrimento de um menor número de plantas por unidade experimental, mantendo fixo o número total de plantas por cultivar, é mais eficiente para a redução da estimativa da variância da média estimada (BARBIN, 2003). Assim, o redimensionamento do experimento para um maior número de repetições é adequado.

Nos demais casos, em que o efeito do erro experimental não foi significativo, o número de repetições tem sua importância relativa reduzida no valor da estimativa da variância da média estimada para uma determinada cultivar e deve-se rever o tamanho de amostra, pois a amostragem não foi eficiente.

Apesar dos elevados coeficientes de variação, houve efeito significativo de cultivares ($P \leq 0,05$) em 60%, 80%, 50%, 70% e 70% dos experimentos, respectivamente, em relação aos

Tabela 1 - Graus de liberdade (GL) e quadrado médio para as causas de variação, média, coeficiente de variação experimental (CVe) e coeficiente de variação amostral (CVa) para caracteres de plantas de 14 cultivares de feijão, avaliadas em dez experimentos. Santa Maria-RS, UFSM, 2006.

Causas de variação	GL	-----Quadrado médio ⁽¹⁾ -----									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altura de inserção de primeira vagem											
Bloco	2	69,86 ^{ns}	649,74*	343,93*	79,77 ^{ns}	26,13 ^{ns}	53,09 ^{ns}	16,99 ^{ns}	96,82 ^{ns}	117,81*	48,37 ^{ns}
Cultivar	13	115,37 ^{ns}	193,79 ^{ns}	126,13*	65,82 ^{ns}	310,19*	34,71 ^{ns}	81,99*	74,00*	173,01*	162,64*
Erro exp	26	388,17*	173,32*	40,22*	77,39*	55,79 ^{ns}	17,72*	18,51 ^{ns}	31,08*	28,86 ^{ns}	72,01 ^{ns}
Erro am	168	80,37	39,24	19,56	15,71	40,05	6,15	15,09	15,66	29,75	56,25
Média	-	13,08	14,13	15,21	8,73	18,05	12,93	16,10	16,01	20,52	21,46
CVe (%)	-	150,64	93,20	41,68	100,74	41,39	32,56	26,73	34,82	26,18	39,54
CVa (%)	-	68,54	44,34	29,07	45,39	35,07	19,19	24,13	24,72	26,58	34,95
Altura de inserção de última vagem											
Bloco	2	305,04 ^{ns}	329,56 ^{ns}	22,05 ^{ns}	275,01 ^{ns}	11,54 ^{ns}	69,60 ^{ns}	188,51 ^{ns}	318,89 ^{ns}	120,51 ^{ns}	5,74 ^{ns}
Cultivar	13	754,68 ^{ns}	373,90 ^{ns}	559,57*	648,31*	1707,08*	166,64*	825,54*	1132,16*	754,64*	577,38*
Erro exp	26	983,22*	379,64*	157,64*	244,95*	187,52 ^{ns}	46,30*	177,57*	189,82*	137,57*	172,75*
Erro am	168	129,28	133,62	73,50	137,97	223,06	18,16	81,18	57,38	72,50	89,64
Média	-	37,94	37,03	42,25	42,50	53,08	22,74	42,75	38,24	50,24	50,96
CVe (%)	-	82,64	52,62	29,72	36,83	25,80	29,93	31,17	36,03	23,35	25,79
CVa (%)	-	29,97	31,22	20,29	27,64	28,14	18,74	21,08	19,81	16,95	18,58
Número de vagens planta ⁻¹											
Bloco	2	21,21 ^{ns}	173,54 ^{ns}	1214,76*	28,96 ^{ns}	66,78 ^{ns}	20,51 ^{ns}	62,27 ^{ns}	16,55 ^{ns}	136,00*	101,79 ^{ns}
Cultivar	13	30,67 ^{ns}	70,51 ^{ns}	187,16*	116,29*	131,84*	28,53*	78,55 ^{ns}	30,38 ^{ns}	122,47*	68,35 ^{ns}
Erro exp	26	62,73*	87,68*	43,91 ^{ns}	36,07*	46,34*	11,26 ^{ns}	40,89*	17,05 ^{ns}	23,95 ^{ns}	47,37*
Erro am	168	16,80	22,88	31,43	18,71	23,24	9,23	25,33	16,05	27,76	21,67
Média	-	9,93	10,25	17,44	9,41	11,59	6,42	13,85	9,71	14,61	13,37
CVe (%)	-	79,78	91,38	38,00	63,80	58,74	52,23	46,18	42,51	33,50	51,48
CVa (%)	-	41,29	46,68	32,15	45,96	41,60	47,29	36,35	41,24	36,06	34,82
Número de sementes planta ⁻¹											
Bloco	2	1028,99 ^{ns}	3094,48 ^{ns}	46704,52*	725,19 ^{ns}	618,80 ^{ns}	313,87 ^{ns}	751,56 ^{ns}	737,76 ^{ns}	3797,59*	1454,63 ^{ns}
Cultivar	13	1333,02 ^{ns}	825,75 ^{ns}	6744,84*	2451,98*	3407,69*	622,00*	2781,61*	894,99 ^{ns}	4107,21*	3002,27*
Erro exp	26	2174,65*	1488,93*	1426,46*	630,00*	860,50*	206,16 ^{ns}	1201,22*	532,93 ^{ns}	493,02 ^{ns}	1183,34 ^{ns}
Erro am	168	452,59	373,59	881,76	326,97	500,10	160,26	541,89	443,70	756,57	526,72
Média	-	45,56	36,35	86,72	35,03	48,39	23,94	60,76	46,89	71,77	61,31
CVe (%)	-	102,35	106,16	43,55	71,65	60,62	59,98	57,04	49,23	30,94	56,11
CVa (%)	-	46,69	53,18	34,24	51,62	46,21	52,88	38,31	44,92	38,32	37,43
Número de sementes vagem ⁻¹											
Bloco	2	0,59 ^{ns}	2,39 ^{ns}	12,82*	1,88 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,92 ^{ns}
Cultivar	13	2,40 ^{ns}	1,94 ^{ns}	7,04*	5,16*	3,79*	2,24 ^{ns}	5,29*	3,53*	3,91*	5,76*
Erro exp	26	2,56*	3,39*	0,61 ^{ns}	1,39*	1,67*	2,28*	1,13*	0,91*	0,47 ^{ns}	0,74 ^{ns}
Erro am	168	0,48	0,60	0,54	0,55	0,48	0,60	0,35	0,48	0,34	0,76
Média	-	4,46	3,55	4,84	3,69	4,09	3,66	4,35	4,80	4,87	4,57
CVe (%)	-	35,88	51,86	16,14	31,95	31,60	41,18	24,47	19,89	14,10	18,80
CVa (%)	-	15,53	21,80	15,17	20,12	16,85	21,11	13,68	14,46	11,91	19,11

⁽¹⁾ * Efeito significativo pelo teste F em nível de 5% de significância. ^{ns} Não significativo.

⁽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; 9) Safra-2004/2005 e 10) Safra-2005/2006.

caracteres APV, AUV, NVP, NSP e NSV, evidenciando presença de variabilidade genética entre as cultivares (Tabela 1). De maneira geral, os casos em que o efeito de cultivares não foi significativo estavam associados à presença de interação bloco x cultivar (erro experimental), ou seja, a significância do erro experimental, provavelmente, explica tais resultados.

Não houve interação cultivar x experimento ($P > 0,05$), indicando que as diferenças quanto ao tamanho de amostra dos caracteres APV, AUV, NVP, NSP e NSV das cultivares não variam com os experimentos (anos) e dos experimentos (anos) não variam com as cultivares (Tabela 2). Entretanto, o efeito de cultivares foi significativo ($P \leq 0,05$) em relação às variáveis AUV, NVP e NSP e o efeito de experimentos foi significativo em relação a todos os caracteres (Tabela 2).

Para os caracteres APV e NSV, o tamanho de amostra médio representa todas as cultivares (Tabela 3). Assim, seis plantas e duas plantas por unidade experimental, respectivamente, para APV e NSV, resultam em estimativas da média de cultivar com uma precisão de 40% da média (D40).

Houve formação de três, dois e dois grupos de tamanho de amostra pela aplicação do teste de Scott-Knott, respectivamente, para os caracteres AUV e NVP e NSP, evidenciando que o tamanho de amostra é diferente entre as cultivares (Tabela 3). Diferenças de tamanho de amostra entre as cultivares "Iraí" e "Macanudo" também foram constatadas por ESTEFANEL et al. (1996). Esses resultados confirmam variabilidade do tamanho de amostra entre as cultivares. Do ponto de vista de técnicas experimentais, os pesquisadores devem considerar o genótipo ao dimensionar o tamanho de amostra para uma avaliação precisa desses caracteres de feijoeiro, assim como foi concluído por MARTIN et al. (2005), para caracteres de espigas de diferentes genótipos de milho.

Ao comparar as médias do tamanho de amostra entre os dez experimentos, houve formação de três grupos pela aplicação do teste Scott-Knott, para APV, e dois grupos para AUV, NVP, NSP e NSV (Tabela 4). Esses resultados evidenciam variabilidade do tamanho de amostra entre os experimentos (épocas e anos de avaliação). A variabilidade das condições ambientais, específicas de cada experimento, pode explicar tais resultados, pois LORENTZ et al. (2004) também constataram variação temporal do tamanho de amostra para experimentos de pepino tipo conserva cultivado em estufa plástica.

Do ponto de vista de técnicas experimentais, de modo geral, ao se usar o mesmo tamanho de amostra para avaliar esses caracteres, maior precisão nas estimativas é obtida em relação ao NSV, diminuindo gradativamente na seguinte ordem: AUV, APV, NVP e NSP.

O tamanho de amostra variou de acordo com os caracteres, cultivares e experimentos. Considerando que o tamanho de amostra médio contempla, em geral, um maior número de casos, poder-se-ia optar pelo maior número médio de tamanho de amostra dentre os caracteres observados. Nesse caso, o tamanho de amostra para NSP seria de 10, 18 e 41 plantas por parcela, para uma precisão de 40% (D40), 30% (D30) e 20% (D20), respectivamente (Tabelas 3 e 4). De maneira geral, padronizando o tamanho de amostra em 10 plantas por unidade experimental, a precisão obtida será, aproximadamente, de 40% (D40) para o NVP e o NSP, de 30% (D30) para a APV e de 20% (D20) para a AUV e o NSV (Tabelas 3 e 4).

A área útil da parcela (3m²) tem aproximadamente 72 plantas. Estimativas com precisão inferior a 10%, de modo geral, são impraticáveis. Aumentar de três para quatro ou mais repetições e diminuir o tamanho de amostra poderia melhorar a precisão experimental de futuros experimentos.

Tabela 2 - Graus de liberdade (GL) e valor do F calculado das causas de variação e coeficiente de variação (CV) da análise de variância conjunta, em relação aos tamanhos de amostra de caracteres avaliados em plantas de 14 cultivares de feijão obtidas em dez experimentos. Santa Maria-RS, UFSM, 2006.

Caracteres	-----Causas de variação-----				CV (%)
	Bloco/Experimento	Cultivar (C)	Experimento (E)	CxE	
	GL = 20	GL = 13	GL = 9	GL=117	
Altura de inserção de primeira vagem	0,62 ^{ns}	1,20 ^{ns}	25,89*	1,19 ^{ns}	129,89
Altura de inserção de última vagem	0,92 ^{ns}	3,40*	10,79*	0,96 ^{ns}	98,53
Número de vagens planta ⁻¹	1,22 ^{ns}	3,99*	4,38*	1,21 ^{ns}	76,33
Número de sementes planta ⁻¹	1,04 ^{ns}	3,04*	5,76*	1,12 ^{ns}	77,39
Número de sementes vagem ⁻¹	1,50 ^{ns}	1,07 ^{ns}	3,32*	0,87 ^{ns}	115,29

*Significativo a 5% de significância (aproximado). ^{ns} Não-significativo.

Tabela 3 - Tamanho de amostra (número de plantas), de 14 cultivares de feijão, para uma semi-amplitude do intervalo com 95% de confiança, igual a 5% (D5), 10% (D10), 20% (D20), 30% (D30) e 40% (D40) da média em relação aos caracteres altura de inserção de primeira vagem, altura de inserção de última vagem, número de vagens planta⁻¹, número de sementes planta⁻¹ e número de sementes vagem⁻¹, avaliadas em dez experimentos. Santa Maria-RS, UFSM, 2006.

Cultivar	Altura de inserção de primeira vagem					Altura de inserção de última vagem				
	D5	D10	D20	D30	D40	D5*	D10	D20	D30	D40
“Carioca”	425	106	27	12	7	306 a	76 a	19 a	8 a	5 a
“Diamante Negro”	424	106	26	12	7	169 c	42 c	11 c	5 c	3 c
“TPS Nobre”	533	133	33	15	8	152 c	38 c	9 c	4 c	2 c
“Guapo Brilhante”	379	95	24	11	6	137 c	34 c	9 c	4 c	2 c
“Guateian 6662”	465	116	29	13	7	151 c	38 c	9 c	4 c	2 c
“Iapar 44”	334	84	21	9	5	205 b	51 b	13 b	6 b	3 b
“Iraí”	268	67	17	7	4	120 c	30 c	7 c	3 c	2 c
“Macanudo”	532	133	33	15	8	171 c	43 c	11 c	5 c	3 c
“Macotaço”	478	119	30	13	7	158 c	39 c	10 c	4 c	2 c
“Minuano”	346	86	22	10	5	144 c	36 c	9 c	4 c	2 c
“Pérola”	371	93	23	10	6	226 b	56 b	14 b	6 b	4 b
“Rio Tibagi”	236	59	15	7	4	150 c	37 c	9 c	4 c	2 c
“TPS Bionobre”	295	74	18	8	5	109 c	27 c	7 c	3 c	2 c
“TPS Bonito”	250	63	16	7	4	88 c	22 c	6 c	2 c	1 c
Média	381	95	24	11	6	163	41	10	5	3
	Número de vagens planta ⁻¹					Número de sementes planta ⁻¹				
	D5	D10	D20	D30	D40	D5	D20	D30	D40	
“Carioca”	684 a	171 a	43 a	19 a	11 a	834 a	208 a	52 a	23 a	13 a
“Diamante Negro”	586 a	146 a	37 a	16 a	9 a	649 b	162 b	41 b	18 b	10 b
“TPS Nobre”	529 b	132 b	33 b	15 b	8 b	571 b	143 b	36 b	16 b	9 b
“Guapo Brilhante”	402 b	101 b	25 b	11 b	6 b	533 b	133 b	33 b	15 b	8 b
“Guateian 6662”	625 a	156 a	39 a	17 a	10 a	710 a	178 a	44 a	20 a	11 a
“Iapar 44”	755 a	189 a	47 a	21 a	12 a	809 a	202 a	51 a	22 a	13 a
“Iraí”	477 b	119 b	30 b	13 b	7 b	585 b	146 b	37 b	16 b	9 b
“Macanudo”	444 b	111 b	28 b	12 b	7 b	567 b	142 b	35 b	16 b	9 b
“Macotaço”	608 a	152 a	38 a	17 a	10 a	719 a	180 a	45 a	20 a	11 a
“Minuano”	378 b	95 b	24 b	11 b	6 b	497 b	124 b	31 b	14 b	8 b
“Pérola”	845 a	211 a	53 a	23 a	13 a	1017 a	254 a	64 a	28 a	16 a
“Rio Tibagi”	576 a	144 a	36 a	16 a	9 a	685 a	171 a	43 a	19 a	11 a
“TPS Bionobre”	337 b	84 b	21 b	9 b	5 b	424 b	106 b	26 b	12 b	7 b
“TPS Bonito”	383 b	96 b	24 b	11 b	6 b	495 b	124 b	31 b	14 b	8 b
Média	545		34	15	9	650	162	41	18	10
	Número de sementes vagem ⁻¹									
	D5	D10	D20	D30	D40					
“Carioca”	108	27	7	3	2					
“Diamante Negro”	97	24	6	3	2					
“TPS Nobre”	68	17	4	2	1					
“Guapo Brilhante”	95	24	6	3	1					
“Guateian 6662”	121	30	8	3	2					
“Iapar 44”	148	37	9	4	2					
“Iraí”	64	16	4	2	1					
“Macanudo”	122	31	8	3	2					
“Macotaço”	99	25	6	3	2					
“Minuano”	83	21	5	2	1					
“Pérola”	111	28	7	3	2					
“Rio Tibagi”	99	25	6	3	2					
“TPS Bionobre”	92	23	6	3	1					
“TPS Bonito”	95	24	6	3	1					
Média	100	25	6	3	2					

*Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Tamanho de amostra (número de plantas), de 14 cultivares de feijão, para uma semi-amplitude do intervalo com 95% de confiança, igual a 5% (D5), 10% (D10), 20% (D20), 30% (D30) e 40% (D40) da média em relação aos caracteres altura de inserção de primeira vagem, altura de inserção de última vagem, número de vagens planta⁻¹, número de sementes planta⁻¹ e número de sementes vagem⁻¹, avaliadas em dez experimentos. Santa Maria-RS, UFSM, 2006.

Experimento		Altura de inserção de primeira vagem					Altura de inserção de última vagem					
Época	Ano	D5*	D10	D20	D30	D40	D5	D10	D20	D30	D40	
Safra	2000/2001	1.112 a	278 a	69 a	31 a	17 a	270 a	67 a	17 a	7 a	4 a	
Safrinha	2001	635 b	159 b	40 b	18 b	10 b	277 a	69 a	17 a	8 a	4 a	
Safra	2001/2002	235c	59c	15c	7c	4c	116 b	29 b	7 b	3 b	2 b	
Safrinha	2002	546 b	136 b	34 b	15 b	9 b	242 a	61 a	15 a	7 a	4 a	
Safra	2002/2003	337c	84c	21c	9c	5c	215 a	54 a	13 a	6 a	3 a	
Safrinha	2003	106c	27c	7c	3c	2c	98 b	25 b	6 b	3 b	2 b	
Safra	2003/2004	181c	45c	11c	5c	3c	123 b	31 b	8 b	3 b	2 b	
Safrinha	2004	185c	46c	12c	5c	3c	113 b	28 b	7 b	3 b	2 b	
Safra	2004/2005	196c	49c	12c	5c	3c	80 b	20 b	5 b	2 b	1 b	
Safra	2005/2006	278c	69c	17c	8c	4c	98 b	25 b	6 b	3 b	2 b	
Média		381	95	24	11	6	163	41	10	5	3	
		Número de vagens planta ⁻¹					Número de sementes planta ⁻¹					
Época	Ano	D5	D10	D20	D30	D40	D5	D10	D20	D30	D40	
Safra	2000/2001	563 a	141 a	35 a	16 a	9 a	650 b	162 b	41 b	18 b	10 b	
Safrinha	2001	681 a	170 a	43 a	19 a	11 a	833 a	208 a	52 a	23 a	13 a	
Safra	2001/2002	343 b	86 b	21 b	10 b	5 b	401 b	100 b	25 b	11 b	6 b	
Safrinha	2002	749 a	187 a	47 a	21 a	12 a	888 a	222 a	56 a	25 a	14 a	
Safra	2002/2003	638 a	159 a	40 a	18 a	10 a	785 a	196 a	49 a	22 a	12 a	
Safrinha	2003	719 a	180 a	45 a	20 a	11 a	896 a	224 a	56 a	25 a	14 a	
Safra	2003/2004	417 b	104 b	26 b	12 b	7 b	490 b	123 b	31 b	14 b	8 b	
Safrinha	2004	540 a	135 a	34 a	15 a	8 a	621 b	155 b	39 b	17 b	10 b	
Safra	2004/2005	400 b	100 b	25 b	11 b	6 b	455 b	114 b	28 b	13 b	7 b	
Safra	2005/2006	400 b	100 b	25 b	11 b	6 b	477 b	119 b	30 b	13 b	7 b	
Média		545	136	34	15	9	650	162	41	18	10	
		Número de sementes vagem ⁻¹										
Época	Ano	D5	D10	D20	D30	D40						
Safra	2000/2001	79 b	20 b	5 b	2 b	1 b						
Safrinha	2001	150 a	37 a	9 a	4 a	2 a						
Safra	2001/2002	73 b	18 b	5 b	2 b	1 b						
Safrinha	2002	153 a	38 a	10 a	4 a	2 a						
Safra	2002/2003	104 a	26 a	6 a	3 a	2 a						
Safrinha	2003	147 a	37 a	9 a	4 a	2 a						
Safra	2003/2004	61 b	15 b	4 b	2 b	1 b						
Safrinha	2004	68 b	17 b	4 b	2 b	1 b						
Safra	2004/2005	48 b	12 b	3 b	1 b	1 b						
Safra	2005/2006	119 a	30 a	7 a	3 a	2 a						
Média		100	25	6	3	2						

*Médias não seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

Como o número de repetições é mais importante para reduzir a estimativa da variância da média estimada, pode-se redistribuir o tamanho de amostra estimado para um maior número de repetições.

Assim, por exemplo, em vez de usarem-se 41 plantas por parcela em três repetições (123 plantas), poderiam ser usadas vinte e cinco plantas em cinco repetições, mantendo-se fixo o número total (aproximadamente 123

plantas) por cultivar no experimento. Não se pode estimar, nesse caso, qual será o ganho exato na precisão ao utilizar-se esse redimensionamento do plano experimental e de amostragem.

CONCLUSÕES

Há variabilidade da estimativa do tamanho de amostra entre cultivares quanto à altura de inserção de última vagem, ao número de vagens por planta e ao número de sementes por planta. Entre experimentos (épocas e anos) há variabilidade quanto à altura de inserção de primeira vagem, à altura de inserção de última vagem, ao número de vagens por planta, ao número de sementes por planta e ao número de sementes por vagem.

Para melhorar a precisão da avaliação de caracteres em plantas de feijão, deve-se usar maior número de repetições e, pelo menos, 10 plantas por unidade experimental.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de Produtividade em Pesquisa aos pesquisadores Nerinéia Dalfollo Ribeiro e Lindolfo Storck. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa a Evandro Jost e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela concessão de bolsa de Iniciação Científica a Nerison Luis Poersch.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A.P. et al. Sample size for measurement of root traits on common bean by image analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.313-318, 2004.
- 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.
- CEPEF. **Recomendações técnicas para cultivo de feijão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Pallotti, 2000. 80p.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - versão windows. Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001. 648p.
- 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.
- LORENTZ, L.H. et al. Variação temporal do tamanho de amostra para experimentos em estufa plástica. **Ciência Rural**, v.34, p.1043-1049, 2004.
- 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.
- MARTIN, T.N. et al. Plano amostral em parcelas de milho para avaliação de atributos de espigas. **Ciência Rural**, v.35, p.1257-1262, 2005.
- PINTO, R.M.C. et al. Estimativa do número apropriado de progênies S_1 para a seleção recorrente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.63-73, 2000.
- 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.
- RAMALHO, M.A.P. et al. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326p.
- 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.
- STORCK, L. et al. **Experimentação vegetal**. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2006. 198p.
- 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.