

Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação de Pearson entre caracteres de *Crambe abyssinica*¹

Sample size to estimate the Pearson correlation coefficient among characters of *Crambe abyssinica*

Alberto Cargnelutti Filho^{2*}, Sidinei José Lopes², Marcos Toebe³, Tatiani Reis da Silveira³ e Ismael Albino Schwantes⁴

Resumo - É importante dimensionar adequadamente o tamanho de amostra, para estimação, com confiabilidade aceitável, do coeficiente de correlação linear de Pearson entre pares de caracteres. O objetivo deste experimento foi determinar o tamanho de amostra (número de plantas) para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre 21 caracteres de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). Um experimento em campo foi conduzido no ano de 2008. Na colheita foram selecionadas, aleatoriamente, 75 plantas, nas quais foram mensurados 21 caracteres. Foram calculadas medidas de tendência central, de variabilidade, de assimetria e de curtose, verificada a normalidade e investigada a linearidade entre os caracteres. Foi calculado o tamanho de amostra, para estimação do coeficiente de correlação de Pearson, para as amplitudes do intervalo de confiança de 95%, iguais a: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40, para cada um dos 210 pares de caracteres. Para os 210 pares de caracteres de crambe estudados, o tamanho de amostra, para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson, para a amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 0,15, oscilou entre 8 e 665 plantas.

Palavras-chave - Crambe. Planejamento experimental. Precisão experimental.

Abstract - It is important to dimension correctly the sample size, to estimate the Pearson correlation coefficient among pairs of characters, with acceptable reliability. The aim of this research was to determine the sample size (number of plants) to estimate the Pearson correlation coefficient among 21 characters of crambe (*Crambe abyssinica* Hochst). An experiment was conducted in the year 2008. At harvest, 75 plants were selected randomly and measured 21 characters. The measures of central tendency, variability, skewness and kurtosis, were done. Normality was verified and investigated the linearity among the characters. The sample size to estimate the Pearson correlation coefficient was calculated, for the amplitude of the confidence interval of 95%, equal to: 0.15; 0.20; 0.25; 0.30; 0.35 and 0.40, for each of 210 pairs of characters. For the 210 characters pairs of crambe, the sample size to estimate the Pearson correlation coefficient, to the amplitude of the confidence interval of 95% equal to 0.15, ranged from 8 to 665 plants.

Key words - Crambe. Experimental planning. Experimental precision.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 03/09/2010; aprovado em 18/01/2011

Pesquisa desenvolvida junto a Universidade Federal de Santa Maria

²Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil, 97105-900, cargnelutti@pq.cnpq.br, sjlopes@pq.cnpq.br

³Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria-RS, Brasil, 97105-900, m.toebe@gmail.com, tatianisilveira@yahoo.com.br

⁴Curso de graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Universitário, Camobi, Santa Maria-RS, Brasil, 97105-900, ki_koro@hotmail.com

Introdução

Em experimentos agrícolas, e particularmente em programas de melhoramento de plantas, a mensuração de diversos caracteres é um procedimento comum. A disponibilidade de tempo, mão de obra, recursos financeiros e humanos, muitas vezes, limitam a avaliação de grande número de plantas, principalmente, quando muitos caracteres devem ser mensurados. Além dos estudos individuais dos caracteres, as suas inter-relações poderão fornecer informações importantes, particularmente na identificação de caracteres para seleção indireta. O coeficiente de correlação linear de Pearson e os procedimentos complementares, tais como: correlações parciais, análise de trilha e correlação canônica (CRUZ; CARNEIRO, 2003; HAIR et al., 2009) são úteis para investigar as relações lineares entre os caracteres.

A força, a intensidade ou o grau de relação linear, entre duas variáveis aleatórias, pode ser medida por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) (BARBETTA et al., 2004; FERREIRA, 2009). O coeficiente de correlação linear de Pearson, obtido a partir de amostras pequenas, precisa ter elevada magnitude (próximo de $|1|$) para ser significativo. Neste caso, embora o valor do coeficiente apresente significância estatística, a amostra, pode não ser representativa da população, e conseqüentemente, o coeficiente pode não representar a verdadeira relação entre os caracteres. Por outro lado, quando o tamanho de amostra for excessivamente grande, um pequeno valor do coeficiente de correlação de Pearson (próximo de zero) pode ser considerado significativo, porém não necessariamente, seja uma relação importante entre os caracteres, do ponto de vista prático (HAIR et al., 2009).

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence à família *Brassicaceae*, originária da região do Mediterrâneo e com relatos de ocorrência de algumas espécies na Etiópia. É considerada cultura tolerante ao frio com potencial para produção industrial de biocombustíveis, pelo elevado potencial lubrificante e teor de óleo em sua composição, com valores entre 30 e 45% da semente (WEISS, 2000). Na cultura de crambe, pesquisas quanto ao tamanho e forma de parcela (MEIER; LESSMAN, 1971), às relações entre caracteres (LESSMAN, 1975; MASTEBROEK et al., 1994) e às estimativas de temperatura base (Kmec et al., 1998), de área foliar (TOEBE et al., 2010a) e de plastocrono (TOEBE et al., 2010b) têm sido realizadas. Também, estudos sobre: ocorrência de *Alternaria brassicicola* (CARNEIRO et al., 2009); caracterização química de sementes e tortas (SOUZA et al., 2009); análise energética (JASPER, et al., 2010); e delimitação de áreas adequadas (FALASCA et al., 2010) têm sido desenvolvidos na cultura de crambe.

O tamanho de amostra tem sido determinado para estimação da média de caracteres para várias culturas,

como: soja (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009); milho (CATAPATTI et al., 2008; STORCK et al., 2007); feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008); algodoeiro (FREITAS et al., 2001); cana-de-açúcar (LEITE et al., 2009); goiabeira (ROZANE et al., 2009); laranjeira (BELASQUE JÚNIOR et al., 2008; LOPES et al., 2007); erva-mate (LÚCIO et al., 2009); mamona (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010); e, cenoura (SILVA et al., 2009). No entanto, estudos sobre o dimensionamento do tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre pares de caracteres não foram encontrados na literatura para nenhuma cultura. Assim, o objetivo deste experimento foi determinar o tamanho de amostra (número de plantas), para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre 21 caracteres de crambe.

Material e métodos

Foi conduzido um experimento com a cultura de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul (latitude 29°42'S, longitude 53°49'W e 95 m de altitude), de julho a outubro de 2008. No mês de julho de 2008 foi efetuada a adubação de base na área experimental com 35 kg ha⁻¹ de N, 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ de K₂O. Em seguida, foi realizada a semeadura em 60 linhas de 20 m de comprimento, com espaçamento de 5,8 cm entre plantas na linha e 17,0 cm entre linhas, equivalente a 100 plantas m⁻².

Na época da colheita, foram selecionadas na área experimental, aleatoriamente, 75 plantas, e mensurada a altura de cada planta, pela distância da superfície do solo até a extremidade do racemo mais alto. Em cada racemo, foi mensurado o comprimento, o número de frutos e a produtividade de grãos. A partir dessas mensurações foram obtidos os valores dos caracteres de toda a planta, dos terços inferior, médio e superior da planta e, ainda, do racemo principal. O critério utilizado para estratificar a planta em três terços (inferior, médio e superior) foi a divisão do número de racemos da planta por três. O terço inferior é localizado mais próximo da superfície do solo e o superior é o mais distante. Assim, em cada planta, foram obtidos 21 caracteres (TAB.1).

Inicialmente, para cada um dos 21 caracteres, foram calculadas medidas de tendência central, de variabilidade, de assimetria e de curtose e verificada a normalidade, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (CAMPOS, 1983). A seguir, foi investigada a linearidade entre os caracteres, por meio de diagramas de dispersão (HAIR et al., 2009). Posteriormente, foi estimada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre os 21 caracteres avaliados, totalizando 210 pares, e a significância do r foi verificada por meio do teste

Tabela 1 - Sigla e unidade de 21 caracteres avaliados em 75 plantas de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

Caractere	Sigla	Unidade
----- caracteres de toda a planta -----		
Altura de planta	AP	cm
Número de racemos da planta	NR	Un.
Comprimento médio de racemos da planta	CM	cm
Número de frutos da planta	F	Un.
Número médio de frutos por racemo da planta	FR	Un.
Produtividade de grãos da planta	P	g
----- caracteres do terço inferior da planta -----		
Comprimento médio de racemos do terço inferior da planta	CMI	cm
Número de frutos do terço inferior da planta	FI	Un.
Número médio de frutos por racemo do terço inferior da planta	FRI	Un.
Produtividade de grãos do terço inferior da planta	PI	g
----- caracteres do terço médio da planta -----		
Comprimento médio de racemos do terço médio da planta	CMM	cm
Número de frutos do terço médio da planta	FM	Un.
Número médio de frutos por racemo do terço médio da planta	FRM	Un.
Produtividade de grãos do terço médio da planta	PM	g
----- caracteres do terço superior da planta -----		
Comprimento médio de racemos do terço superior da planta	CMS	cm
Número de frutos do terço superior da planta	FS	Un.
Número médio de frutos por racemo do terço superior da planta	FRS	Un.
Produtividade de grãos do terço superior da planta	PS	g
----- caracteres do racemo principal da planta -----		
Comprimento do racemo principal	CP	cm
Número de frutos do racemo principal	FP	Un.
Produtividade de grãos do racemo principal	PP	g

t de Student a 5% de probabilidade. Tomando-se por base as 75 plantas, calculou-se o tamanho de amostra (n), para estimação do r, para as amplitudes do intervalo de confiança (1-α) de 95%, iguais a: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40, para cada um dos 210 pares de caracteres. O n foi obtido por meio do intervalo de confiança aproximado para o parâmetro ρ [IC_{1-α}(ρ)], utilizando a transformação de Fischer (FERREIRA, 2009), expresso por:

$$IC_{1-\alpha}(\rho) = \left[\begin{array}{c} \text{Limite inferior} \\ \frac{\exp\left\{2\left[\frac{1}{2}\ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) - \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n-3}}\right]\right\}-1}{\exp\left\{2\left[\frac{1}{2}\ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) - \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n-3}}\right]\right\}+1} \\ \text{Limite superior} \\ \frac{\exp\left\{2\left[\frac{1}{2}\ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) + \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n-3}}\right]\right\}-1}{\exp\left\{2\left[\frac{1}{2}\ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right) + \frac{Z_{\alpha/2}}{\sqrt{n-3}}\right]\right\}+1} \end{array} \right]$$

na qual r é o coeficiente de correlação linear de Pearson amostral e Z_{α/2} é o quantil superior α/2 da distribuição normal padrão, com α=5% de probabilidade de erro. Assim, para cada par de caracteres, foi calculado o n, de tal forma que as diferenças entre os limites superior e inferior (amplitude do intervalo de confiança) fossem iguais a: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40. Foi construído um diagrama de dispersão para visualizar as relações entre as 210 estimativas de r, obtidas a partir das 75 plantas, e o tamanho de amostra (n), para as amplitudes do intervalo de confiança de 95%, iguais a: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40.

Por fim, com base nas 75 plantas, calculou-se a amplitude do intervalo de confiança (1-α) de 95%, por meio da diferença entre o limite superior e o limite inferior, para as 210 estimativas do coeficiente de correlação linear de Pearson.

Resultados e discussão

Oito caracteres (número de frutos e produtividade de grãos de toda a planta e dos terços inferior, médio e superior da planta) apresentaram leve afastamento da normalidade, caracterizado, principalmente, pela assimetria positiva da distribuição dos dados (TAB. 2). Ainda, a produtividade de grãos do terço médio da planta (PM), além da assimetria positiva ($P \leq 0,05$) apresentou curtose diferente de três ($P \leq 0,05$), o que caracteriza o grau de achatamento dessa distribuição como leptocúrtica (FONSECA; MARTINS, 1995). O teste de Kolmogorov-Smirnov revelou aderência dos dados dos 21 caracteres à distribuição normal ($P \geq 0,099$). De acordo com o teorema do limite central, mesmo que a população básica

seja não normal, a distribuição da média amostral será aproximadamente normal para amostras superiores a 30 observações (BUSSAB; MORETTIN, 2004; FONSECA; MARTINS, 1995). Examinando os 210 diagramas de dispersão, entre os 21 caracteres, das 75 plantas de crambe, não foram constatados padrões não-lineares nos dados. Diante dessas considerações em relação à normalidade e aos padrões observados nos diagramas de dispersão, aliado à variabilidade de cada caractere, pode-se inferir que esse conjunto de dados oferece credibilidade ao estudo de relações lineares entre os caracteres.

Em relação à produtividade de grãos, principal caractere da cultura, a planta de crambe acumula maior produtividade média no terço médio (0,470 g) em relação aos terços inferior (0,373 g) e superior (0,340 g)

Tabela 2 - Mínimo (MIN), máximo (MAX), média (M), mediana (MED), desvio-padrão (DP), erro-padrão da média (EP), coeficiente de variação (CV%), assimetria (ASS), curtose (CUR) e p-valor do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS) de 21 caracteres avaliados em 75 plantas de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst)

Caractere ⁽¹⁾	MIN	MAX	M	MED	DP	EP	CV (%)	ASS ⁽²⁾	CUR + 3 ⁽³⁾	KS
AP	31,000	92,300	65,695	65,500	12,834	1,482	19,537	-0,165 ns	2,718 ns	0,913
NR	4,000	19,000	11,173	11,000	2,792	0,322	24,986	0,180 ns	3,251 ns	0,397
CM	7,900	30,486	19,963	19,369	5,357	0,619	26,832	-0,010 ns	2,095 ns	0,809
F	26,000	535,000	186,320	173,000	116,058	13,401	62,290	0,980 *	3,641 ns	0,451
FR	3,250	29,875	15,856	15,909	7,305	0,844	46,072	0,251 ns	2,116 ns	0,504
P	0,137	3,416	1,184	1,089	0,734	0,085	61,957	0,924 *	3,483 ns	0,240
CMI	6,867	41,170	21,075	20,300	7,366	0,851	34,951	0,312 ns	2,741 ns	0,972
FI	2,000	202,333	60,662	51,333	41,725	4,818	68,783	0,920 *	3,768 ns	0,399
FRI	1,000	42,600	15,433	15,375	8,944	1,033	57,956	0,708 *	3,469 ns	0,737
PI	0,006	1,226	0,373	0,342	0,262	0,030	70,073	0,902 *	3,643 ns	0,391
CMM	5,867	32,414	18,519	18,418	5,421	0,626	29,275	0,110 ns	2,509 ns	0,694
FM	8,333	218,000	72,836	60,333	47,444	5,478	65,138	1,090 *	3,924 ns	0,204
FRM	3,000	37,375	18,602	17,333	8,989	1,038	48,325	0,330 ns	2,260 ns	0,805
PM	0,029	1,535	0,470	0,412	0,317	0,037	67,382	1,216 *	4,399 *	0,099
CMS	7,825	31,107	20,297	20,923	5,966	0,689	29,392	-0,146 ns	2,129 ns	0,710
FS	0,000	164,000	52,822	45,000	34,824	4,021	65,926	0,903 *	3,403 ns	0,156
FRS	0,000	31,000	13,534	12,667	7,063	0,816	52,188	0,443 ns	2,776 ns	0,558
PS	0,000	1,018	0,340	0,292	0,219	0,025	64,251	0,875 *	3,569 ns	0,356
CP	0,000	22,500	11,789	11,600	4,945	0,571	41,943	-0,360 ns	2,577 ns	0,694
FP	0,000	33,000	14,573	15,000	8,294	0,958	56,911	-0,145 ns	2,245 ns	0,804
PP	0,000	0,266	0,104	0,109	0,062	0,007	59,631	0,033 ns	2,415 ns	0,912

⁽¹⁾AP, altura de planta; NR, número de racemos da planta; CM, comprimento médio de racemos da planta; F, número de frutos da planta; FR, número médio de frutos por racemo da planta; P, produtividade de grãos da planta; CMI, comprimento médio de racemos do terço inferior da planta; FI, número de frutos do terço inferior da planta; FRI, número médio de frutos por racemo do terço inferior da planta; PI, produtividade de grãos do terço inferior da planta; CMM, comprimento médio de racemos do terço médio da planta; FM, número de frutos do terço médio da planta; FRM, número médio de frutos por racemo do terço médio da planta; PM, produtividade de grãos do terço médio da planta; CMS, comprimento médio de racemos do terço superior da planta; FS, número de frutos do terço superior da planta; FRS, número médio de frutos por racemo do terço superior da planta; PS, produtividade de grãos do terço superior da planta; CP, comprimento do racemo principal; FP, número de frutos do racemo principal; e PP, produtividade de grãos do racemo principal; ⁽²⁾* Assimetria difere de zero, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ns = Não-significativo; ⁽³⁾* Curtose difere de três, pelo teste t, em nível de 5% de probabilidade. ns = Não-significativo

que não diferem entre si ($t = 0,83$; p -valor = 0,40), de forma semelhante aos obtidos na cultura de soja, em que os terços médio e superior da planta têm maior contribuição na produtividade de grãos, com influência

do espaçamento entre linhas e da população de plantas (RAMBO et al., 2002). O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) oscilou entre 0,116 e 0,974 (TAB.3), e a média do valor do r , entre os 210 pares de caracteres,

Tabela 3 - Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson⁽¹⁾ entre 21 caracteres de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), obtida a partir de 75 plantas

Caractere ⁽²⁾	NR	CM	F	FR	P	CMI	FI	FRI	PI	CMM
AP	0,663	0,656	0,730	0,624	0,696	0,488	0,646	0,477	0,616	0,511
NR		0,569	0,760	0,455	0,694	0,372	0,718	0,388	0,654	0,293
CM			0,819	0,845	0,818	0,901	0,812	0,794	0,796	0,896
F				0,901	0,965	0,679	0,922	0,751	0,876	0,677
FR					0,903	0,776	0,842	0,866	0,832	0,793
P						0,704	0,905	0,772	0,911	0,687
CMI							0,803	0,894	0,814	0,790
FI								0,889	0,974	0,617
FRI									0,902	0,681
PI										0,612
	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
AP	0,688	0,567	0,633	0,700	0,722	0,611	0,680	0,630	0,599	0,496
NR	0,736	0,431	0,672	0,808	0,670	0,372	0,571	0,191	0,236	0,116
CM	0,787	0,796	0,780	0,767	0,685	0,604	0,661	0,497	0,414	0,361
F	0,973	0,861	0,931	0,752	0,902	0,747	0,841	0,437	0,514	0,398
FR	0,865	0,941	0,851	0,597	0,814	0,809	0,802	0,494	0,579	0,503
P	0,937	0,860	0,967	0,710	0,857	0,731	0,864	0,438	0,491	0,447
CMI	0,619	0,681	0,644	0,475	0,457	0,408	0,455	0,388	0,314	0,307
FI	0,859	0,748	0,841	0,634	0,706	0,533	0,651	0,320	0,359	0,267
FRI	0,672	0,739	0,687	0,416	0,523	0,480	0,514	0,310	0,345	0,297
PI	0,813	0,736	0,844	0,583	0,647	0,501	0,637	0,311	0,335	0,289
	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
CMM	0,708	0,833	0,711	0,528	0,552	0,540	0,540	0,465	0,362	0,315
FM		0,904	0,958	0,711	0,851	0,683	0,781	0,363	0,443	0,314
FRM			0,890	0,546	0,741	0,710	0,715	0,380	0,467	0,370
PM				0,660	0,789	0,638	0,784	0,343	0,383	0,325
CMS					0,779	0,632	0,727	0,438	0,400	0,308
FS						0,920	0,958	0,579	0,679	0,579
FRS							0,930	0,658	0,767	0,714
PS								0,600	0,690	0,682
CP									0,761	0,741
FP										0,920

⁽¹⁾Valor superior a |0,22| é significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t, com 73 graus de liberdade. ⁽²⁾AP, altura de planta; NR, número de racemos da planta; CM, comprimento médio de racemos da planta; F, número de frutos da planta; FR, número médio de frutos por racemo da planta; P, produtividade de grãos da planta; CMI, comprimento médio de racemos do terço inferior da planta; FI, número de frutos do terço inferior da planta; FRI, número médio de frutos por racemo do terço inferior da planta; PI, produtividade de grãos do terço inferior da planta; CMM, comprimento médio de racemos do terço médio da planta; FM, número de frutos do terço médio da planta; FRM, número médio de frutos por racemo do terço médio da planta; PM, produtividade de grãos do terço médio da planta; CMS, comprimento médio de racemos do terço superior da planta; FS, número de frutos do terço superior da planta; FRS, número médio de frutos por racemo do terço superior da planta; PS, produtividade de grãos do terço superior da planta; CP, comprimento do racemo principal; FP, número de frutos do racemo principal; e PP, produtividade de grãos do racemo principal

foi de 0,647. Em apenas dois pares de caracteres (NR versus CP e NR versus PP) não houve associação linear ($r \leq 0,191$, $P > 0,05$). Em 208 pares de caracteres, houve associação linear positiva ($r \geq 0,236$, $P \leq 0,05$). O elevado número de plantas mensuradas (75 plantas) sugere que as estimativas de r apresentem elevada precisão, e com isso, associações lineares de baixa magnitude ($r > |0,22|$) são significativas. Nesses casos, é importante examinar, além da significância estatística, a magnitude do r , que fornece uma significância prática de determinada associação linear (HAIR et al., 2009). Portanto, esses resultados revelam que é importante determinar um tamanho de amostra, para estimação do r , com uma determinada precisão, e após inferir em relação à sua significância estatística.

O tamanho de amostra (número de plantas), para estimação do r , para a amplitude do intervalo

de confiança de 95% igual a 0,15, oscilou entre 8 e 665 plantas (TAB.4). A variabilidade do tamanho de amostra, para estimação da média, entre genótipos, caracteres e experimentos, também, foi constatada em milho (STORCK et al., 2007), em feijão (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008), em soja (CARGNELUTTI FILHO et al., 2009) e em mamona (CARGNELUTTI FILHO et al., 2010).

A média dos coeficientes de correlação linear de Pearson entre os pares de caracteres de toda a planta (15 pares), do terço inferior da planta (seis pares), do terço médio da planta (seis pares), do terço superior da planta (seis pares) e do racemo principal da planta (três pares) foi, respectivamente: 0,740; 0,879; 0,834; 0,824 e 0,808, e a média do tamanho de amostra, para estimação do r , para amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 0,15 foi, respectivamente: 158; 47; 81; 94 e 96 plantas

Tabela 4 - Tamanho de amostra (número de plantas) para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre 21 caracteres de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), para a amplitude do intervalo de confiança ($1-\alpha$) de 95%, igual a 0,15

Caratere ⁽¹⁾	NR	CM	F	FR	P	CMI	FI	FRI	PI	CMM
AP	216	223	152	255	184	393	233	405	263	370
NR		311	125	431	186	508	163	494	225	571
CM			79	62	80	30	84	98	96	33
F				30	9	200	22	133	43	202
FR					29	113	64	49	70	98
P						176	29	116	26	193
CMI							91	34	83	101
FI								36	8	262
FRI									30	198
PI										267
	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
AP	191	313	246	180	160	268	199	249	280	386
NR	146	455	208	88	209	508	309	634	609	665
CM	104	97	109	120	194	276	218	384	470	517
F	8	51	19	132	30	137	64	448	368	485
FR	49	15	58	283	83	86	91	387	301	378
P	17	52	9	171	54	151	50	447	391	439
CMI	260	198	234	406	429	476	431	494	556	561
FI	53	136	64	245	174	349	228	551	519	590
FRI	207	144	193	469	358	402	368	558	531	568
PI	84	147	62	297	232	381	242	558	539	574

Continuação da Tabela 4

	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
CMM	172	70	169	353	329	341	341	421	516	555
FM		29	11	170	58	197	108	516	443	556
FRM			36	335	142	171	166	501	414	510
PM				219	102	241	106	532	498	547
CMS					110	247	155	448	483	560
FS						22	11	302	201	301
FRS							19	221	120	167
PS								279	190	198
CP									124	142
FP										22

¹⁾AP, altura de planta; NR, número de racemos da planta; CM, comprimento médio de racemos da planta; F, número de frutos da planta; FR, número médio de frutos por racemo da planta; P, produtividade de grãos da planta; CMI, comprimento médio de racemos do terço inferior da planta; FI, número de frutos do terço inferior da planta; FRI, número médio de frutos por racemo do terço inferior da planta; PI, produtividade de grãos do terço inferior da planta; CMM, comprimento médio de racemos do terço médio da planta; FM, número de frutos do terço médio da planta; FRM, número médio de frutos por racemo do terço médio da planta; PM, produtividade de grãos do terço médio da planta; CMS, comprimento médio de racemos do terço superior da planta; FS, número de frutos do terço superior da planta; FRS, número médio de frutos por racemo do terço superior da planta; PS, produtividade de grãos do terço superior da planta; CP, comprimento do racemo principal; FP, número de frutos do racemo principal; e PP, produtividade de grãos do racemo principal

(TAB. 3 e 4). Esses resultados revelam, de maneira geral, que para estudos de relações lineares específicos por grupo de caracteres, o tamanho de amostra entre os pares de caracteres de toda a planta é maior em relação aos pares de caracteres de partes da planta (terços inferior, médio, superior e racemo principal). Ainda, entre as partes da planta, há um leve acréscimo do tamanho de amostra na seguinte ordem: caracteres do terço inferior da planta, do terço médio da planta, do terço superior e do racemo principal da planta. Do ponto de vista prático, esses resultados sugerem que a seleção indireta de plantas para a produtividade de grãos, por exemplo, seria mais eficiente com a utilização de caracteres do terço inferior da planta.

Para os 210 pares de caracteres estudados, considerando o maior n, 665 plantas de crambe são suficientes para estimação do coeficiente de correlação de Pearson, para amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 0,15 (TAB. 4). Do ponto de vista prático, a avaliação de 665 plantas é difícil, o que sugere que as estimativas de r sejam obtidas com menor número de plantas e, com amplitude do intervalo de confiança de 95% superior a 0,15.

Assim, menores tamanhos de amostra foram estimados com base em amplitudes do intervalo de confiança iguais a: 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40 (FIG. 1). A

definição do erro de estimação (amplitude do intervalo de confiança) máximo aceitável fica a critério do pesquisador que usufruir dessas informações para o seu planejamento experimental.

Independentemente da amplitude do intervalo de confiança (0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40), para uma mesma precisão, há aumento do tamanho de amostra (número de plantas) com o decréscimo da magnitude da associação linear entre caracteres. Esses resultados revelam que para estudos de relações lineares entre caracteres, com base no mesmo número de observações para todos os caracteres, estimativas mais precisas do coeficiente de correlação de Pearson são obtidas para pares de caracteres com maior intensidade de associação linear e vice-versa. Portanto, especialmente, para os caracteres com menor intensidade de associação linear, a insuficiência amostral, associada a essa menor precisão pode ser causa de resultados divergentes em publicações científicas.

Considerando as 75 plantas avaliadas neste experimento, a amplitude do intervalo de confiança (1- α) de 95% do coeficiente de correlação linear de Pearson oscilou entre 0,02 para o par de caracteres número de frutos do terço inferior da planta (FI) e produtividade de grãos do terço inferior da planta (PI) ($r = 0,974$), e 0,45, para o par de caracteres número de racemos da planta (NR) e produtividade

Tabela 5 - Amplitude do intervalo de confiança (1- α) de 95% do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), entre 21 caracteres de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), obtida a partir de 75 plantas

Caractere ⁽¹⁾	NR	CM	F	FR	P	CMI	FI	FRI	PI	CMM
AP	0,26	0,26	0,22	0,28	0,24	0,35	0,27	0,35	0,29	0,34
NR		0,31	0,20	0,36	0,24	0,39	0,23	0,39	0,27	0,42
CM			0,15	0,13	0,16	0,09	0,16	0,17	0,17	0,09
F				0,09	0,03	0,25	0,07	0,20	0,11	0,25
FR					0,09	0,19	0,14	0,12	0,15	0,17
P						0,23	0,09	0,19	0,08	0,25
CMI							0,17	0,10	0,16	0,18
FI								0,10	0,02	0,29
FRI									0,09	0,25
PI										0,29
	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
AP	0,24	0,31	0,28	0,24	0,22	0,29	0,25	0,28	0,30	0,35
NR	0,21	0,37	0,26	0,16	0,26	0,39	0,31	0,44	0,43	0,45
CM	0,18	0,17	0,18	0,19	0,25	0,29	0,26	0,35	0,38	0,40
F	0,03	0,12	0,06	0,20	0,09	0,21	0,14	0,37	0,34	0,39
FR	0,12	0,05	0,13	0,30	0,16	0,16	0,17	0,35	0,31	0,34
P	0,06	0,12	0,03	0,23	0,13	0,22	0,12	0,37	0,35	0,37
CMI	0,29	0,25	0,27	0,36	0,36	0,38	0,36	0,39	0,41	0,41
FI	0,12	0,21	0,14	0,28	0,23	0,33	0,27	0,41	0,40	0,42
FRI	0,25	0,21	0,25	0,38	0,33	0,35	0,34	0,41	0,40	0,42
PI	0,16	0,21	0,14	0,31	0,27	0,34	0,28	0,41	0,41	0,42
	FM	FRM	PM	CMS	FS	FRS	PS	CP	FP	PP
CMM	0,23	0,14	0,23	0,33	0,32	0,33	0,33	0,36	0,40	0,41
FM		0,09	0,04	0,23	0,13	0,25	0,18	0,40	0,37	0,41
FRM			0,10	0,32	0,21	0,23	0,23	0,39	0,36	0,39
PM				0,26	0,18	0,27	0,18	0,40	0,39	0,41
CMS					0,18	0,28	0,22	0,37	0,38	0,41
FS						0,07	0,04	0,31	0,25	0,31
FRS							0,06	0,26	0,19	0,23
PS								0,30	0,24	0,25
CP									0,20	0,21
FP										0,07

⁽¹⁾AP, altura de planta; NR, número de racemos da planta; CM, comprimento médio de racemos da planta; F, número de frutos da planta; FR, número médio de frutos por racemo da planta; P, produtividade de grãos da planta; CMI, comprimento médio de racemos do terço inferior da planta; FI, número de frutos do terço inferior da planta; FRI, número médio de frutos por racemo do terço inferior da planta; PI, produtividade de grãos do terço inferior da planta; CMM, comprimento médio de racemos do terço médio da planta; FM, número de frutos do terço médio da planta; FRM, número médio de frutos por racemo do terço médio da planta; PM, produtividade de grãos do terço médio da planta; CMS, comprimento médio de racemos do terço superior da planta; FS, número de frutos do terço superior da planta; FRS, número médio de frutos por racemo do terço superior da planta; PS, produtividade de grãos do terço superior da planta; CP, comprimento do racemo principal; FP, número de frutos do racemo principal; e PP, produtividade de grãos do racemo principal

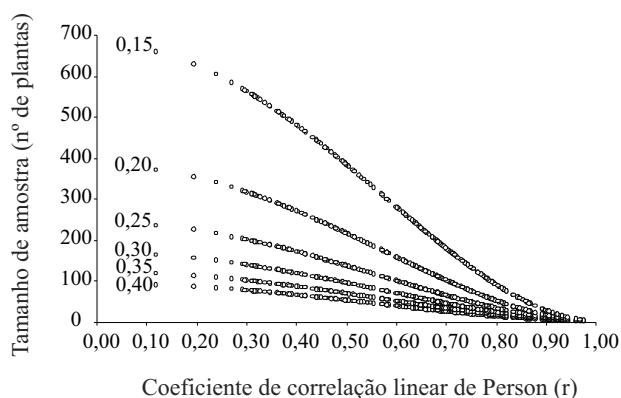


Figura 1 - Diagrama de dispersão entre as 210 estimativas do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), obtido a partir das 75 plantas de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), e o tamanho de amostra (número de plantas), para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), para amplitudes do intervalo de confiança ($1-\alpha$) de 95%, iguais a: 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 e 0,40

de grãos do racemo principal (PP) ($r = 0,116$) (TAB. 3 e 5). Portanto, os resultados evidenciam que, do ponto de vista de técnicas experimentais, os pesquisadores da cultura de crambe devem considerar os caracteres, ao dimensionar o tamanho de amostra para avaliação mais precisa das relações lineares entre os mesmos. Ainda, pode-se inferir que é difícil obter estimativas do coeficiente de correlação linear de Pearson, com elevada precisão, especialmente, para pares de caracteres com baixa intensidade de relação linear, em função do elevado número de plantas a serem mensuradas. A estratificação da planta em partes permite inferências mais precisas quanto às relações lineares dos caracteres.

Conclusão

Para os 210 pares de caracteres de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) estudados, o tamanho de amostra (número de plantas), para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson, para a amplitude do intervalo de confiança de 95% igual a 0,15, oscilou entre 8 e 665 plantas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelas

bolsas concedidas.

Referências

- BARBETTA, P. A. *et al.* **Estatística para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Atlas, 2004. 410 p.
- BELASQUE JÚNIOR, J. *et al.* Tamanho da amostra para quantificação do diâmetro de lesões de cancro cítrico. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 04, p. 317-322, 2008.
- BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526 p.
- CAMPOS, H. de **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 349 p.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra de caracteres de genótipos de soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 04, p. 983-991, 2009.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, v. 38, n. 03, p. 635-642, 2008.
- CARGNELUTTI FILHO, A. *et al.* Tamanho de amostra de caracteres em híbridos de mamoneira. **Ciência Rural**, v. 40, n. 02, p. 250-257, 2010.
- CARNEIRO, S. M. T. P. G. *et al.* Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 02, p. 154-154, 2009.
- CATAPATTI, T. R. *et al.* Tamanho de amostra e número de repetições para avaliação de caracteres agrônômicos em milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 03, p. 855-862, 2008.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.
- FALASCA, S. L. *et al.* *Crambe abyssinica*: An almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 664 p.
- FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 317 p.
- FREITAS, J. A. *et al.* Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo *Gossypium hirsutum*. **Ciência Rural**, v. 31, n. 04, p. 583-587, 2001.
- HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.
- JASPER, S. P. *et al.* Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 03, p. 395-403, 2010.
- KMEC, P. *et al.* Growth analysis of crambe. **Crop Science**, v. 38, n. 01, p. 108-112, 1998.

- LEITE, M. S. O. *et al.* Sample size for full-sib family evaluation in sugarcane. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1562-1574, 2009.
- LESSMAN, K. J. Variation in crambe, *Crambe abyssinica* Hochst. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 52, n. 09, p. 386-389, 1975.
- LOPES, M. V. *et al.* Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 03, p. 671-676, 2007.
- LÚCIO, A. D. *et al.* Distribuição espacial e tamanho de amostra para o ácaro-do-bronzeado da erva-mate. **Revista Árvore**, v. 33, n. 01, p. 145-150, 2009.
- MASTEBROEK, H. D. *et al.* Variation for agronomic characteristics in crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries). **Industrial Crops and Products**, v. 02, n. 02, p. 129-136, 1994.
- MEIER, V. D.; LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science**, v. 11, n. 05, p. 648-650, 1971.
- RAMBO, L. *et al.* Rendimento de grãos da soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 03, n. 01/02, p. 79-85, 2002.
- ROZANE, D. E. *et al.* Tamanho da amostra foliar para avaliação do estado nutricional de goiabeiras com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 03, p. 233-239, 2009.
- SILVA, G. O. *et al.* Tamanho de amostra para avaliação de caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 02, p. 166-170, 2009.
- SOUZA, A. D. V. *et al.* Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.
- STORCK, L. *et al.* Sample size for single, double and triple hybrid corn ear traits. **Scientia Agrícola**, v. 64, n. 01, p. 30-35, 2007.
- TOEBE, M. *et al.* Estimativa da área foliar de *Crambe abyssinica* por discos foliares e por fotos digitais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 02, p. 445-448, 2010a.
- TOEBE, M. *et al.* Estimativa de plastocrono em crambe. **Ciência Rural**, v. 40, n. 04, p. 793-799, 2010b.
- WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Blackwell Science, 2000. 364p.