

# METODOLOGIA E TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

## TAMANHO MÍNIMO DE PARCELA PARA AVALIAÇÃO DE CARACTERES DE RAIZ EM CENOURA <sup>(1)</sup>

JAIRO VIDAL VIEIRA <sup>(2)</sup>; GIOVANI OLEGÁRIO DA SILVA <sup>(2\*)</sup>

### RESUMO

A estimação do número ideal de plantas para a avaliação de populações de cenoura é importante para que se possa reduzir o erro experimental e, com isso, maximizar a precisão das informações obtidas em um experimento, além de contribuir sobremaneira para a redução de recursos financeiros empregados na pesquisa. O objetivo do trabalho foi estimar o número mínimo de plantas por parcela para avaliação de caracteres de raiz em ensaios de populações de cenoura utilizando os métodos de máxima curvatura modificado e da estabilização da média e variância genética. Os experimentos foram desenvolvidos em três locais no verão de 2004: Brasília (DF); São Gotardo (MG) e Lapão (BA), utilizando o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e parcelas com 2 m<sup>2</sup>. Aos 90 dias após o plantio, 15 plantas competitivas em cada uma de nove populações foram colhidas e avaliadas para massa da raiz, comprimento de raiz, comprimento do ombro verde da raiz, formato de ponta da raiz, formato de ombro da raiz, diâmetro da raiz, diâmetro do xilema da raiz, relação diâmetro do xilema / diâmetro da raiz e as variáveis de cor L\* a\* b\* para os tecidos xilema e floema. Os procedimentos de reamostragem com simulação de subamostras e o método da curvatura máxima modificado foram utilizados para estimar o número mínimo de plantas para representar cada parcela. Os valores constatados em ambos os procedimentos comprovam que uma amostra de 13 plantas por parcela é suficiente para garantir uma adequada avaliação de populações de cenoura para o conjunto de caracteres estudados.

**Palavras-chave:** *Daucus carota* L., método de estabilização da média e variância genética, método de curvatura máxima modificado, amostragem.

### ABSTRACT

#### MINIMUM PLOT SIZE TO EVALUATE CARROT ROOT TRAITS

The estimate of the optimal number of plants per plot for the evaluation of carrot populations is important in order to reduce the experimental error and to enhance the accuracy of the information obtained in breeding experiments. Additionally, it contributes to reduce the research costs. The objective of the present work was to estimate the minimum number of plants per plot for evaluation of root characters in carrot populations using the modified maximum curvature and the stabilization of the average and genetic variance methods. The essays were conducted in the summer of 2004 at three representative areas for carrot production in Brazil, respectively: Brasília, DF; São Gotardo, MG and Lapão, BA, in randomized blocks design with four replications, and plots with 2 m<sup>2</sup>. Harvesting took place 90 days after sowing. In each plot of nine populations, 15 competitive plants were harvest and roots evaluated for mass, length, green shoulder length, tip shape, shoulder shape, diameter, xylem diameter, relationship among xylem diameter / root diameter and the L\* a\* b\* color characters for the xylem and phloem. The procedures of re-sampling and the modified maximum curvature method were used to estimate the minimum plant number to represent each plot. The results obtained for each procedure indicated that a sample of 13 plants per plot is enough to guarantee an appropriate evaluation of carrot populations for the group of studied characters.

**Key words:** *Daucus carota* L., modified maximum curvature, stabilization of the average and genetic variance, sampling.

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 10 de junho de 2007 e aceito em 28 de maio de 2008.

<sup>(2)</sup> Embrapa Hortaliças, BR 060, km 09, Caixa Postal 218, 70359-970 Gama (DF). E-mail: jairo@cnph.embrapa.br; olegario@cnph.embrapa.br (\*) Autor correspondente.

## 1. INTRODUÇÃO

O correto dimensionamento do tamanho, formato e número de repetições das parcelas experimentais, é fundamental para reduzir o erro experimental e, assim, maximizar a precisão das informações obtidas em um experimento (STEEL et al, 1997).

Nos programas de melhoramento, a diminuição do erro experimental pode ser alcançado através da otimização do número de plantas por parcela e do número de repetições o que resulta em redução da variância fenotípica, contribuindo para o aumento do coeficiente de herdabilidade, e, conseqüentemente, para maiores progressos genéticos com a seleção (EBERHART, 1970). Além disso, o tamanho de parcela está diretamente ligado ao custo de implantação de experimentos e das avaliações; o balanço entre custo e precisão determina o tamanho ótimo de parcelas (ZHANGA et al., 1994; STORCK et al., 2006). Segundo FREITAS et al. (2001), estudos sobre tamanho de parcela têm contribuído sobremaneira para a redução de recursos financeiros empregados na pesquisa de várias culturas.

A despeito da importância da cultura da cenoura e da disponibilidade de cultivares de verão desenvolvidas por empresas públicas e privadas no Brasil, há pouca informação registrada sobre os detalhes metodológicos aplicados durante o processo de desenvolvimento dessas cultivares (VIEIRA et al. 2006).

O tamanho mínimo da amostra em ensaios de melhoramento genético depende da espécie, da população sob avaliação, do tipo de população, das inferências que se deseja realizar, das condições ambientais sob as quais é feito o manejo da população e do nível de precisão desejado (GRAYBILL E KNEEBONE, 1959; PALOMINO et al., 2000; VIANA, et al., 2002, ALVES E SERAPHIN, 2004), sendo importante para os programas de melhoramento realizar estudos de acordo com as condições locais em que é aplicada a seleção.

Dentre as várias metodologias de determinação do tamanho e da forma das parcelas experimentais destacam-se: métodos embasados na estabilização da variância genética e média, Método da Máxima Curvatura, Método de Fairfield Smith, Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Informação Relativa, Método da Regressão Múltipla, Método de W. H. Hatheway, Método de Pimentel Gomes (ZANON E STORCK, 2000). Os vários métodos se baseiam na relação observada entre o tamanho da parcela e a variação residual, e diferem entre si em diversos aspectos; o aumento no tamanho da parcela leva à diminuição da variação entre parcelas. No entanto, tal diminuição não é infinitamente

proporcional ao tamanho da parcela, pois pouco ganho em precisão é obtido com o incremento no tamanho de unidades experimentais já suficientemente grandes (LE CLERG, 1967).

De acordo com WU et al. (1978), para fins de melhoramento genético, o tamanho mínimo da amostra é o número mínimo de elementos necessários para estimar a média e a variância dos caracteres da população, com precisão razoável. STORCK E UITDEWILLIGEN (1980) e SILVA et al. (2003) consideram que o método da curvatura máxima da função do coeficiente de variação experimental (CV) tem se mostrado muito consistente. Segundo VIANA et al. (2002), o método da máxima curvatura modificado, embora utilize o mesmo princípio do método da máxima curvatura, fornece resultados mais precisos do que esse, por estabelecer uma equação de regressão para explicar a relação existente entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcela.

O objetivo deste trabalho foi estimar o número mínimo de plantas por parcela para avaliação de caracteres de raiz em ensaios de populações de cenoura utilizando-se os métodos de máxima curvatura modificado e da estabilização da média e variância genética.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram desenvolvidos em três locais, a saber: Campo Experimental da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF (A); e em duas fazendas particulares São Gotardo, MG (B); Lapão, BA (C), representativos das principais áreas de produção de cenoura no país. Foram avaliadas nove populações de cenoura em cada local, cultivadas no verão de 2004, utilizando-se delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas de 2 m<sup>2</sup>. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura em cada região. Por ocasião da colheita, 15 plantas competitivas por parcela foram coletadas e avaliadas individualmente para os caracteres massa da raiz (g), comprimento de raiz (mm), comprimento do ombro verde da raiz (mm), formato de ponta da raiz (critério de notas: 1- arredondada, 2- levemente afilada, 3- afilada), formato de ombro da raiz (critério de notas: 1- cônico, 2- arredondado, 3- plano, 4- côncavo), diâmetro da raiz (mm) avaliado na metade do seu comprimento, diâmetro do xilema da raiz (mm) avaliado na metade do comprimento da raiz e relação diâmetro do xilema/ diâmetro da raiz. Adicionalmente, determinou-se por leitura colorimétrica direta os parâmetros L\* a\* b\* para os tecidos xilema e floema de cada raiz, utilizando-se o analisador de cor de *tristimulus* compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division).

Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância entre os locais (teste de Bartlett), de normalidade (Lilliefors), sendo os caracteres formato de ombro e formato de ponta transformados em  $\sqrt{x+0,50}$  para atender a pressuposição de normalidade. Posteriormente, realizou-se análise de variância conjunta e análise de representatividade do número mínimo de plantas para representar linhagens utilizadas em combinações híbridas por dois métodos diferentes, objetivando maior confiabilidade dos resultados: determinação baseada na estabilização da média e variância genética por meio de reamostragem com simulação de subamostras e pelo método da curvatura máxima modificado. Para o primeiro método, iniciou-se com subamostras de duas plantas, com incremento de uma planta, de uma rodada para a outra. O número de plantas foi sucessivamente aumentado até se atingir o total de 15. Para cada tamanho de subamostra fizeram-se 15 rodadas, de forma aleatória, com reposição. Para cada subamostra, foram estimados os parâmetros genéticos, obtendo-se em seguida a média das 15 subamostras do mesmo tamanho. Determinou-se o número de plantas para representar a população, visualmente, como o ponto do qual a estimativa do parâmetro escolhido tornou-se estável, dentro de intervalo de confiança, de acordo com retas de limites superiores e inferiores da média mínima não significativa (LMNS), pelo teste t a 5% de probabilidade, tomando-se como referência a média obtida com nove populações de meio-irmãos de cenoura (Figura 2). Os cálculos foram realizados utilizando-se o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 1997).

Para a determinação do número mínimo de plantas, pelo método da curvatura máxima modificado (LESSMAN E ATKINS, 1963), utilizou-se a expressão apresentada por CHAVES (1985):

$$N = [a^2 b^2 (2b-1) / (b-2)]^{1 / (2-2b)},$$

em que: "a" é a constante de regressão e "b" o coeficiente de regressão estimados a partir do ajuste do modelo apresentado por CHAVES (1985), envolvendo o coeficiente de variação experimental e o número de plantas por parcela.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância conjunta para os três ambientes de cultivo (Tabela 1), pode-se verificar que todos os caracteres foram influenciados pelas populações estudadas. A interação populações x ambiente foi significativa para todos os caracteres, e por isso as inferências foram efetuadas para cada ambiente separadamente. Os coeficientes de variação ambiental foram baixos, principalmente para os

caracteres de cor medidos em laboratório, indicando boa precisão experimental.

De acordo com o método de máxima curvatura modificado são necessárias de sete a oito plantas para representar uma parcela quanto ao caráter massa das raízes (Figuras 1-A, 1-B e 1-C). Este valor é cerca de 50% inferior ao número de plantas utilizado nos experimentos deste trabalho (15 plantas por parcela), comprovando que quando o objetivo for a avaliação de genótipos para este caráter, há uma economia muito grande de recursos e mão-de-obra, mantendo a mesma exatidão das estimativas, com a utilização de parcelas menores que as atualmente usadas. O uso da equação de regressão permitiu que fossem feitas estimativas do número mínimo de plantas por parcela nos intervalos entre as amostras predeterminadas, de maneira não subjetiva e, nesse caso, com elevada precisão, uma vez que os ajustes podem ser considerados muito bons, com valores de  $R^2$ , variando de 0,98 a 0,99 para todos os caracteres.

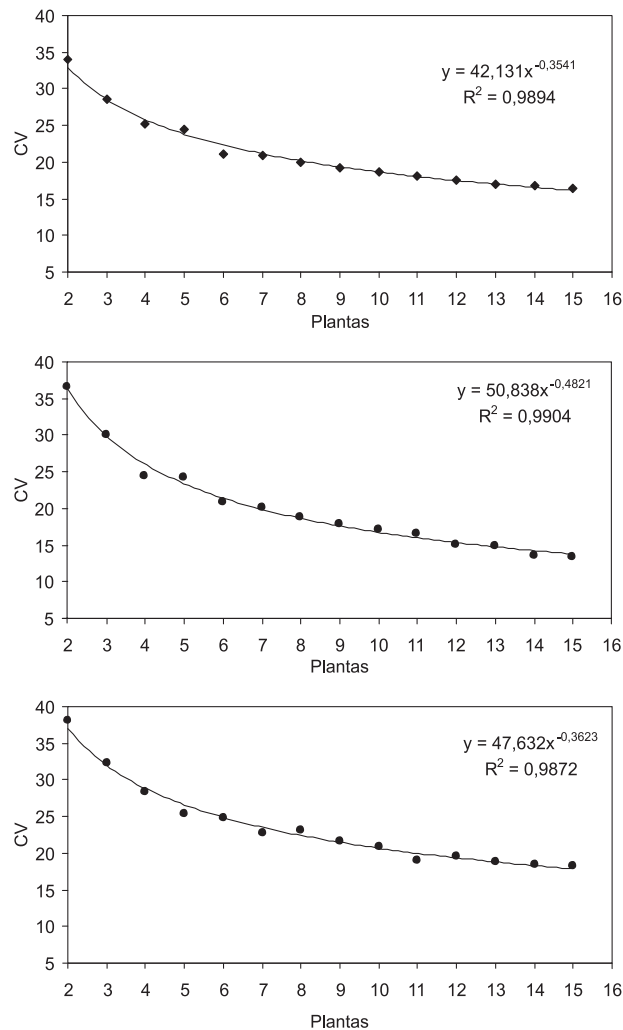
Para o caráter massa de raízes, mas de acordo com o método de estabilização da média, verificou-se que dentre a médias das 210 subamostras obtidas com as nove populações, 5, 3 e 4 pontos, correspondendo a 75, 45 e 60 subamostras estão fora dos limites superior e inferior de 5% de probabilidade de erro, respectivamente, para os três experimentos, conforme as figuras 2A, 2B e 2C. O primeiro ponto da série que esteve dentro do limite de erro variou de 5 para o segundo experimento (Figura 2B) a 7 para os demais (Figuras 2A e 2C), sugerindo que 7 deve ser considerado como a estimativa do número mínimo de plantas por parcela para representar uma população em condições de campo. Quando se utilizou o método de estabilização da variância genética, 5, 4 e 5 pontos, correspondendo a 75, 60 e 75 subamostras, estiveram fora do limite de confiança, respectivamente para os ensaios A, B e C. Neste caso, o primeiro ponto de uma série constante dentro dos limites inferior e superior variou de 5 a 9 para o segundo e primeiro experimento (Figuras 2-B e 2-A) respectivamente. Desta forma, por este método, recomenda-se que sejam utilizadas no mínimo nove plantas por parcela para representar uma população de cenoura, visto que números superiores a estes não acrescentariam maiores informações e não proporcionariam redução significativa do erro (ZANON E STORCK, 2000).

Os valores de número mínimo de plantas para os demais caracteres foram estimados da mesma forma e estão discriminados na tabela 2. Verifica-se nos caracteres de coloração de xilema e floema, medidos via colorimetria, reduzidos coeficientes de variação, pelo método de máxima curvatura modificado e, conseqüentemente, para esses caracteres e por esse método, um reduzido número de plantas seria necessário para representar uma parcela no campo.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de raiz de cenoura, em nove populações cenoura cultivadas em três locais distintos representativos das regiões de produção no país, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Brasília, 2004

Fonte de variação	Quadrado Médio														
	GL	MASSA	COMR	FORP	FORO	DRAIZ	DXILE	XILE-L	XILE-A	XILE-B	FLOE-L	FLOE-A	FLOE-B	DX/DR	
Bloco/Local	9	537,94	0,79	0,02	0,01	10,62	2,83	2,22	7,09	7,02	0,60	4,16	0,77	0,01	
Populações(P)	8	680,29*	6,90*	0,03*	0,02*	11,76*	11,64*	3,76*	65,43*	34,19*	2,58*	2,38	9,54*	0,01*	
Local (L)	2	52759,3*	321,00*	0,08*	0,45*	449,56*	130,24*	32,47*	6,73	2,71	49,39*	51,20	83,59*	0,02*	
P x L	16	684,42*	3,53*	0,02*	0,02*	8,95*	6,10*	2,69*	23,19*	11,64*	2,72*	2,29	5,00*	0,01*	
Resíduo	72	161,57	1,97	0,01	0,01	2,68	0,96	0,92	4,26	2,49	0,86	1,00	2,78	0,01	
CV	-	17,74	9,10	4,74	4,47	6,89	10,72	1,90	6,78	3,40	1,72	2,88	3,25	7,74	
Média	-	71,65	15,41	1,58	1,63	23,75	9,14	50,44	30,46	46,41	53,89	34,81	51,31	0,38	

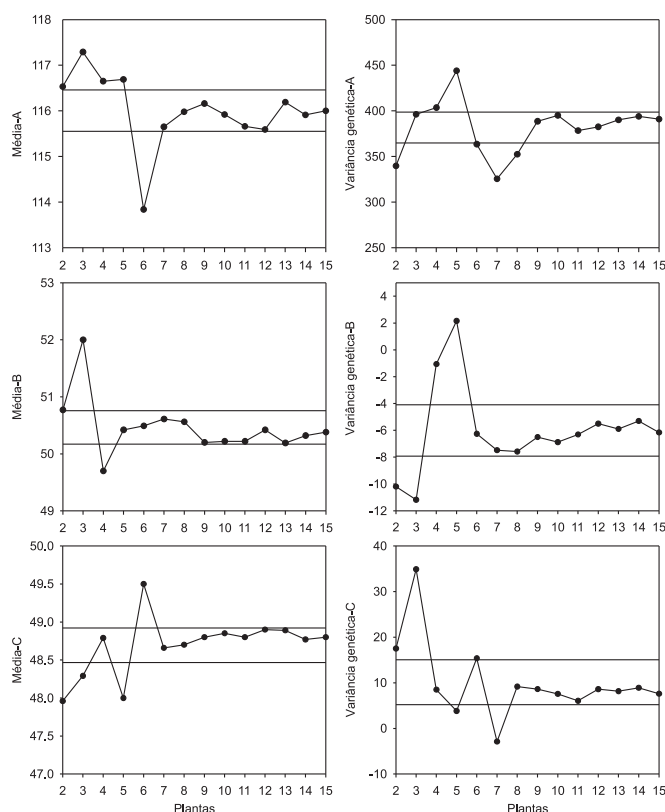
\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. CV: coeficiente de variação ambiental; MASSA: massa da raiz; COMR: comprimento de raiz; FORP: formato de ponta; FORO: formato de ombro; DRAIZ: diâmetro de raiz; DXILE: diâmetro de raiz; XILE-L: parâmetro L\* do xilema; XILE-A: parâmetro A\* do xilema; XILE-B: parâmetro B\* do xilema; FLOE-L: parâmetro L\* do floema; FLOE-A: parâmetro A\* do floema; FLOE-B: parâmetro B\* do floema; DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz.



**Figura 1.** Número mínimo de plantas (N) por parcela para populações de cenoura pelo método de curvatura máxima modificado, nos experimentos de Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C), para o caráter massa de raízes. Brasília, 2007.

No entanto, pela estabilização das médias e variâncias, esses caracteres não foram estáveis com esse reduzido número de plantas, sendo por esse método, exigido um número de plantas variando de sete a 10 para tais caracteres de colorimetria. Evidenciando a importância de levar em consideração diferentes métodos, que se baseiem em diferentes princípios, para se ter conclusões mais consistentes.

Pode-se verificar que para todos os caracteres avaliados, o número de 15 plantas por parcela, utilizados no estudo, oriundas dos ensaios realizados em cada região de produção, foi mais que suficiente para propiciar uma adequada avaliação/caracterização das populações em teste, de acordo com os métodos empregados.



**Figura 2.** Número mínimo de plantas por parcela para populações de cenoura pelo método de simulação nos experimentos de Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C), de acordo com a estabilização da média e variância genética, para o caráter massa de raízes. Em que: (Média-A, -B e -C: estabilização da média para os ambientes A, B e C, respectivamente), e (Variância genética-A, -B e -C: estabilização da variância genética para os ambientes A, B e C respectivamente). Brasília, 2007.

Verifica-se ainda, conforme tabela 2, que com exceção de formato de ombro, diâmetro de raiz e diâmetro de xilema, para todos os demais caracteres, estima-se que no máximo 10 plantas por parcela são suficientes para representar uma parcela, e para o conjunto de todos os caracteres estudados, 13 plantas por parcela seriam suficientes para caracterizar as populações estudadas. Em milho, CHAVES (1985) e CHAVES E MIRANDA FILHO (1992) estimaram que, para avaliação, são necessárias cerca de 15 a 20 plantas por parcela. Também para milho PALOMINO et al. (2000) verificaram a necessidade de pelo menos 20 a 25 plantas por parcela. Em cenoura, até o presente momento, os autores desconhecem a existência de estudos semelhantes a estes e desta forma, os resultados deste trabalho podem ser utilizados como guia para futuros trabalhos.

**Tabela 2.** Estimativas do número mínimo de plantas por parcela, pelos métodos de Curvatura Máxima Modificado, e por simulação de acordo com a Estabilização da Média e Variância Genética, utilizando-se dados de caracteres de raiz de cenoura decorrentes da avaliação de nove populações em três locais: Brasília (A), São Gotardo (B) e Lapão (C). Brasília, 2007

Caráter/Regiões	Curvatura máxima modificado			Simulação/média			Simulação / variância genética			Valor Médio	Maior Valor
	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
MASSA	7,50	8,00	7,00	7,00	5,00	7,00	9,00	6,00	8,00	7,17	9
COMR	5,90	4,77	5,85	9,00	4,00	8,00	4,00	7,00	7,00	6,17	9
FORP	3,16	3,30	1,00	8,00	6,00	8,00	8,00	6,00	9,00	5,83	9
FORO	1,39	1,00	3,03	13,00	10,00	7,00	12,00	10,00	11,00	7,60	13
DRAIZ	4,60	4,97	5,20	9,00	13,00	7,00	8,00	11,00	4,00	7,42	13
DXILE	11,35	13,11	7,19	11,00	10,00	7,00	7,00	9,00	5,00	8,96	13
XILE-L	1,01	1,01	1,00	7,00	9,00	7,00	6,00	8,00	5,00	5,00	9
XILE-A	2,38	1,78	2,69	7,00	6,00	6,00	6,00	8,00	3,00	4,76	8
XILE-B	1,84	1,39	1,00	6,00	8,00	4,00	5,00	7,00	6,00	4,47	7
FLOE-L	1,00	1,00	1,00	6,00	5,00	4,00	6,00	3,00	8,00	3,89	8
FLOE-A	1,01	1,47	1,22	8,00	5,00	4,00	8,00	8,00	4,00	4,52	8
FLOE-B	1,00	1,26	1,09	7,00	10,00	7,00	4,00	10,00	7,00	5,37	10
DX/DR	4,69	4,15	5,15	9,00	6,00	4,00	9,00	6,00	4,00	5,78	9

MASSA: massa da raiz; COMR: comprimento de raiz; FORP: formato de ponta; FORO: formato de ombro; DRAIZ: diâmetro de raiz; DXILE: diâmetro de xilema; XILE-L: parâmetro L do xilema; XILE-A: parâmetro A do xilema; XILE-B: parâmetro B do xilema; FLOE-L: parâmetro L do floema; FLOE-A: parâmetro A do floema; FLOE-B: parâmetro B do floema e DX/DR: relação entre diâmetro do xilema e da raiz. Valor Médio: média das estimativas obtidas para cada característica; Maior Valor: maior valor estimado para cada característica.

#### 4. CONCLUSÃO

Amostra de 13 plantas competitivas/parcela coletadas em ensaios com quatro repetições é suficiente para garantir adequada avaliação de populações de cenoura para o conjunto de caracteres estudados.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, S.M.F.; SERAPHIN J.C. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.105-111, 2004.
- CHAVES, L.J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays*)**. Piracicaba: ESALQ, 1985. 148p.
- CHAVES, L.J.; MIRANDA FILHO, J. B. Plot size for progeny selection in maize (*Zea mays* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v.84, n.7-8, 1992.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 1997. 442p.
- EBERHART, S.A. Factors affecting efficiencies of breeding methods. **African Soils**, Paris, v.15, p.669-680, 1970.
- FREITAS, J.A.; SILVA, E.B.; FALLIERI, J. LANZA, M.A.; FARIA, R.S.; SILVA, P.J. Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo *Gossypium hirsutum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.583-587, 2001.
- GRAYBILL, F.A.; KNEEBONE, W.R. Determining minimum populations size for initial evaluation of breeding material. **Agronomy Journal**, Madison, v.51, p.4-6, 1959.
- LE CLERG, E.L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K.J. (Ed.). **Plant breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1967. 430p.
- LESSMAN, K.J.; ATKINS, R.E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v.3, p.477-481, 1963.
- PALOMINO, E.C.; RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F. Tamanho da amostra para avaliação de populações de meios-irmãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1433-1439, 2000.
- SILVA, R.L. da; XAVIER, A.; LEITE, H.G.; PIRES, I.E. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.669-676, 2003.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H; DICKEY, D.A. **Principles and procedures of statistics**: a biometrical approach. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 666p.
- STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W.P.M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, v.16, n.2, p.269-182, 1980.
- STORCK, L.; BISOGNIN, D.A.; OLIVEIRA, S.J.R. Dimensões dos ensaios e estimativas do tamanho ótimo de parcela em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.6, p.903-909, 2006.
- VIANA, A.E.S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P.R.; LOPES, S.C.; SEDIYAMA, M.A.N. Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.58-63, 2002.
- VIEIRA, J.V.; NASCIMENTO, W.M. SILVA, J.B.C. Número mínimo de populações de meios-irmãos para avaliação de uma população de cenoura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.365-367, 2006.
- ZHANGA, R.; WARRICK, A.W.; MYER, D.E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, Amsterdam, v.62, p.183-197, 1994. ZANON, M.L.B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. em dois estádios de desenvolvimento. **Cerne**, v.6, n.2, p.104-111, 2000.
- WU, K.K.; HEINZ, D.J.; MEYER, H.K.; LADD, S.L. Minimum sample size for estimating progeny mean and variance. **Crop Science**, Madison, v.18, p.57-62, 1978.