

TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS: COMPARAÇÃO DE MÉTODOS EM EXPERIMENTOS DE TRIGO E MANDIOCA

Patrícia Ferreira PARANAIBA¹
Augusto Ramalho de MORAIS²
Daniel Furtado FERREIRA²

- RESUMO: O tamanho da parcela experimental deve ser adequadamente determinado para que se possa reduzir o erro experimental e aumentar a qualidade da inferência. O objetivo deste trabalho foi comparar quatro métodos para a determinação do tamanho ótimo de parcelas: o método do modelo linear de resposta com platô, o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, o método de inspeção visual da curvatura máxima e o método da curvatura máxima, utilizando ensaios em branco com trigo e mandioca. Verificou-se que os tamanhos ótimos de parcelas não apresentaram grande variação em razão dos métodos utilizados, especialmente o método de inspeção visual da curvatura máxima.
- PALAVRAS-CHAVE: Unidade básica; planejamento experimental.

1 Introdução

Um experimento é um trabalho previamente planejado que segue determinados princípios básicos, no qual se deseja comparar os efeitos de tratamentos, através da estimativa de parâmetros de uma amostra representativa da população em estudo.

Um problema de ordem prática que surge no planejamento de experimentos de um modo geral, reside na determinação do tamanho das unidades básicas experimentais, sendo necessária a sua caracterização no que se refere ao tamanho

¹Programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agronômica, Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: paranaib@esalq.usp.br

²Departamento de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Caixa Postal 3037, CEP: 37200-000, Lavras, MG, Brasil. E-mail: armorais@ufla.br / danielff@ufla.br, bolsistas CNPq

e muitas vezes à sua forma, reduzindo o erro experimental decorrente da heterogeneidade dessas parcelas.

Em muitos casos a própria experiência e capacidade de discernimento do pesquisador levaria a decisões corretas a este respeito, porém é inegável a contribuição que métodos objetivos, baseados em regras práticas e procedimentos teóricos aceitáveis, podem levar a minimização dos custos e maximização da quantidade de informação de um experimento.

Na literatura, existem vários métodos, dentre os quais os mais utilizados são: método de inspeção visual da curvatura máxima (Le Clerg, 1967) e método da curvatura máxima (Lessman & Atkins, 1963). Por meio do método de inspeção visual da curvatura máxima, os rendimentos de unidades básicas experimentais adjacentes de experimentos de uniformidade são combinados, de modo a simularem parcelas de vários tamanhos. Obtêm-se os coeficientes de variação, para cada tamanho de parcela, por meio da equação:

$$CV_{(X)} = \frac{\sqrt{V_{(X)}}}{\bar{y}_{(X)}} 100\%$$

em que $V_{(X)}$ representa a variância do total de parcelas X unidades experimentais básicas (UEB) e $\bar{y}_{(X)}$ representa a sua média.

Obtidos os coeficientes de variação, para cada tamanho de parcela, esses são representados graficamente contra o tamanho de cada parcela avaliada. O tamanho ótimo de parcela é determinado visualmente, correspondendo ao ponto de curvatura máxima.

O aperfeiçoamento do método de inspeção visual da curvatura máxima, chamado de método da curvatura máxima (MCM), foi desenvolvido por Lessman & Atkins (1963), que estabeleceram uma função do tipo $CV_{(X)} = A/X^B$, para explicar a relação entre coeficientes de variação e tamanho de parcela, permitindo que o ponto que corresponde ao tamanho ótimo de parcela fosse determinado algebricamente pela expressão:

$$\widehat{X}_{CM} = \left[\frac{\widehat{A}^2 \widehat{B}^2 (2\widehat{B} + 1)}{\widehat{B} + 2} \right]^{\frac{1}{2+2\widehat{B}}} \quad (1)$$

em que \widehat{A} e \widehat{B} são os estimadores de A e B .

Outros métodos propostos recentemente (Paranaíba, 2007) utilizaram o método do modelo linear de resposta com platô (LRP) e o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação (CMCV). O modelo linear segmentado com platô é:

$$CV_{(X)} = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon_x & \text{se } X \leq X_0 \\ CVP + \epsilon_x & \text{se } X > X_0 \end{cases} \quad (2)$$

em que $CV_{(X)}$ é o coeficiente de variação entre totais de parcela de tamanho X ; X é número de UEB agrupadas; X_0 é o parâmetro relativo ao tamanho ótimo de

parcelas para o qual o modelo linear se transforma em um platô, em relação à abscissa; CVP é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô; β_0 e β_1 são o intercepto e o coeficiente angular, respectivamente, do segmento linear e ϵ_x é o erro associado ao $CV_{(X)}$ supostamente normal e independentemente distribuído com média 0 e variância σ_ϵ^2 constante, condição essa que pode ser relaxada, uma vez que não é realizada inferência. O valor estimado de X_0 é o tamanho ótimo de UEB que será recomendado para aquele tipo de experimento.

De acordo com o método da curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação, não é necessário a realização do agrupamento de UEB para a determinação do $CV_{(X)}$. Por meio da expressão:

$$CV_{(X)} = \frac{100\sqrt{(1 - \hat{\rho}^2)S^2/\bar{Z}^2}}{\sqrt{\bar{X}}}$$

em que \bar{Z} é a média de todas as UEB, ρ é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem, S^2 é a variância da amostra determinada por todas as UEB (Paranaíba, 2007).

Comparações desses métodos por simulação Monte Carlo é praticamente inviável de ser realizada, uma vez que o número ótimo de UEB paramétrico não é conhecido e nem há mecanismo de simulação que o possam determinar. Assim, alternativas para compará-los devem utilizar exemplos reais. Ademais, os métodos LRP e MCM exigem ajustes de modelos não-lineares. Se esses ajustes são precários, os resultados obtidos ficam comprometidos. O método IVCV depende de um caráter subjetivo muito forte, além de utilizar apenas uma suavização dos pontos de $CV_{(X)}$ versus X.

Como dois desses métodos, LRP e CMCV, são muito recentes, nenhum trabalho foi encontrado comparando seus resultados.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi de comparar estes quatro métodos utilizando exemplos de experimentos com trigo e mandioca.

2 Material e métodos

Quatro ensaios em branco com trigo foram obtidos de Henriques Neto (2003). Os ensaios foram realizados na Fazenda Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Coimbra, MG.

As variedades Aliança e IAC 350 foram cultivadas nas condições de sequeiro e as cultivares IAC 289 e BRS 207 foram cultivadas nas condições de irrigação. Os quatro ensaios foram implantados sob sistema de plantio convencional.

Todos os experimentos tiveram a mesma estrutura de plantio, constando de uma área total de 180 m^2 , formada de trinta fileiras de trinta metros de comprimento. Foram colhidos os 12 metros centrais de cada uma das 24 fileiras centrais, perfazendo uma área útil de $57,6 \text{ m}^2$. Na colheita, as plantas foram agrupadas em conjunto, de forma que cada unidade experimental básica (UEB)

tivesse $0,2 m^2$, obtendo-se, assim, um total de 288 UEB por ensaio, dos quais foram obtidas as produções de grãos de cada UEB, em gramas por unidade básica.

Os outros dois ensaios em branco com mandioca foram obtidos de Viana (1999), sendo um com a variedade Platinão e o outro com a variedade Cramuquém. Estes ensaios foram conduzidos na Área Experimental do Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, BA.

Para a variedade Platinão, o ensaio em branco foi formado de 24 fileiras, com 96 plantas em cada, numa área total de $1.382,4 m^2$. Na colheita, as plantas foram agrupadas em conjuntos, de forma que cada unidade experimental básica (UEB) tivesse $2,4 m^2$ com 4 plantas, obtendo-se um total de 576 UEB.

O ensaio em branco para a variedade Cramuquém foi formado de 27 fileiras, com 96 plantas cada, numa área total de $1.555,2 m^2$. Na colheita, as plantas foram agrupadas de forma que cada UEB tivesse $4,8 m^2$ com 8 plantas, obtendo-se um total de 324 UEB. Na colheita em ambas as variedades, as plantas foram avaliadas quanto ao rendimento de raízes tuberosas (RT) e peso da parte aérea (PPA, kg/ha).

Foram aplicados os métodos de determinação de tamanho ótimo de parcelas IVCM, MCM, LRP e CMCV, nos seis ensaios em branco e os resultados obtidos foram comparados entre si.

Para estimar os parâmetros das equações 1 e 2 foi utilizado método de mínimos quadrados para modelos não-lineares de Gauss-Newton (Gallant, 1987). Para isso foi utilizado o programa SAS® (1995).

3 Resultados e discussão

3.1 Comparações entre os métodos

Na estimação do tamanho de parcelas nos quatro ensaios em branco com trigo, as 288 UEB foram agregadas formando 13 diferentes tamanhos de parcelas (Tabela 1).

Para os dois ensaios em branco com mandioca, considerando duas variedades diferentes (Platinão, Cramuquém), foram consideradas 576 UEB, que foram agrupadas em 6 diferentes tamanhos. Em ambos os ensaios, foram avaliados duas variáveis, o rendimento de raízes tuberosas (RT) e o peso da parte aérea (PPA), (Tabelas 2 e 3).

Convém salientar que em ambos os casos, trigo e mandioca, o número de grupos de parcelas agrupadas foram realizados nos trabalhos originais de Henriques Neto (2003) e Viana (1999), respectivamente. Como os dados originais não foram disponibilizados, não houve possibilidade de obtenção desse número de agrupamentos, 13 e 16 para trigo e mandioca, respectivamente.

Pode-se destacar que o ajuste do modelo linear de resposta com Platô em todos os casos foi considerado bom, com R^2 que variaram entre 82,19% e 97,47% (Tabela 4). Em quase todos os casos, o platô foi alcançado para um valor de $CV_{(X)}$ inferior a 10%, exceto para variedade Aliança, em que o $CV_{(X)}$ no platô foi de 16,23%.

Para o modelo do método da curvatura máxima $CV_{(X)} = A/X^B$, os R^2 foram muito elevados, em geral, superiores a 96%. Assim, existe alta confiabilidade

Tabela 1 - Tamanho de parcela (X), em termos de unidades experimentais básicas (UEB) e coeficiente de variação entre parcelas ($CV(X)$), para as variedades de trigo

| Tamanho de parcela (X) | $CV(X)$ (%) | | | |
|----------------------------|-------------|---------|---------|---------|
| | Aliança | IAC 350 | IAC 289 | BRS 207 |
| 1 | 25,41 | 21,80 | 10,52 | 11,67 |
| 2 | 21,86 | 18,31 | 8,12 | 9,84 |
| 3 | 20,46 | 16,86 | 7,18 | 8,59 |
| 4 | 19,68 | 15,64 | 6,25 | 8,35 |
| 6 | 18,39 | 13,94 | 5,73 | 7,49 |
| 8 | 17,98 | 11,90 | 4,55 | 6,63 |
| 12 | 16,51 | 11,91 | 4,46 | 6,37 |
| 16 | 17,73 | 9,99 | 3,20 | 5,38 |
| 18 | 16,61 | 11,04 | 4,39 | 5,90 |
| 24 | 15,48 | 9,31 | 3,04 | 4,94 |
| 36 | 14,58 | 9,26 | 3,43 | 4,84 |
| 48 | 14,91 | 7,77 | 2,24 | 3,98 |
| 72 | 13,90 | 6,85 | 2,34 | 3,66 |

Tabela 2 - Tamanho de parcela (X) em termos de unidades experimentais básicas (UEB) e coeficiente de variação entre parcelas ($CV(X)$), para a variedade de mandioca Platinão

| Tamanho de parcela (X) | $CV(X)$ (%) | |
|----------------------------|-------------|--------------|
| | Platinão-RT | Platinão-PPA |
| 1 | 26,37 | 33,53 |
| 3 | 11,53 | 15,25 |
| 6 | 7,08 | 8,63 |
| 12 | 4,28 | 4,97 |
| 36 | 2,25 | 2,53 |
| 144 | 0,69 | 0,67 |

nas estimativas do tamanho ótimo de parcela por este método (Tabela 4). As estimativas de A e B deste modelo também são apresentadas na Tabela 4.

Como se pode observar na Tabela 4, os valores estimados para o coeficiente de variação no ponto representado pelo tamanho ótimo através do MCM ($CV_{(X_{MCM})}$) variaram entre 6,62% e 21,70%. Já os valores do CVP variaram entre 2,98% e 16,23%, indicando que, pelo LRP, é possível estimar tamanhos adequados de parcela com valores menores para o coeficiente de variação. Nota-se que todos os valores de CVP correspondem a valores inferiores aos de $CV_{(X_{MCM})}$. Os outros dois métodos não dependem de ajustes de modelo e, portanto, não foram contemplados nessa discussão.

Tabela 3 - Tamanho de parcela (X), em termos de unidades experimentais básicas (UEB) e coeficiente de variação entre parcelas ($CV(X)$), para a variedade de mandioca Cramuquém

| Tamanho de parcela (X) | $CV(X)$ (%) | |
|----------------------------|--------------|---------------|
| | Cramuquém-RT | Cramuquém-PPA |
| 1 | 27,14 | 31,47 |
| 3 | 10,68 | 12,79 |
| 6 | 5,89 | 6,25 |
| 12 | 3,50 | 3,68 |
| 36 | 1,55 | 1,60 |
| 108 | 0,98 | 0,91 |

Tabela 4 - Coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô (CVP) para o modelo linear de resposta com Platô (LRP); coeficiente de determinação (R^2), estimativas dos parâmetros da função $CV(X) = A/X^B$ e coeficiente de variação no ponto X_{MC} ($CV(X_{MC})$) para o método da curvatura máxima (MCM)

| Ensaio | LRP | | MCM | | | $CV(X_{MC})$ |
|---------------|-------|---------|-------|---------|--------|--------------|
| | R^2 | CVP | R^2 | A | B | |
| Aliança | 82,19 | 16,2322 | 96,32 | 24,3329 | 0,1375 | 21,70 |
| IAC 350 | 90,21 | 9,4471 | 98,80 | 22,0006 | 0,2613 | 15,95 |
| IAC 289 | 84,36 | 3,7089 | 97,62 | 10,4917 | 0,3608 | 7,68 |
| BRS 207 | 88,50 | 5,0100 | 99,04 | 11,7379 | 0,2622 | 9,69 |
| Platinão-RT | 94,90 | 3,5750 | 99,96 | 26,3045 | 0,7335 | 7,69 |
| Platinão-PPA | 95,25 | 4,2000 | 99,95 | 33,6133 | 0,7444 | 8,68 |
| Cramuquém-RT | 96,97 | 2,9800 | 99,94 | 27,0919 | 0,8373 | 6,62 |
| Cramuquém-PPA | 97,47 | 3,1275 | 99,90 | 31,5256 | 0,8541 | 7,00 |

3.2 Tamanhos ótimos de parcelas estimados

Os quatro métodos foram aplicados a cada um destes ensaios em branco e as estimativas dos tamanhos ótimos de parcela foram obtidas. Para o método da Curvatura Máxima do Coeficiente de Variação, foram apresentadas apenas as estimativas considerando o parâmetro de autocorrelação ρ igual a zero, uma vez que os dados originais desses ensaios não estavam disponíveis para se obter uma estimativa de ρ . A hipótese de independência entre parcelas adjacentes é bem plausível nesses ensaios. Inclusive, usando-se $\hat{\rho} = 0$ obtém-se uma estimativa conservativa do tamanho ótimo de UEB a serem agrupadas.

Convém salientar que os autores apresentaram as demais informações necessárias à aplicação desse método quando $X = 1$. Essas informações referem-se a estimativas da média e do coeficiente de variação. A partir dessas estimativas foi

obtida uma estimativa da variância.

Um resumo das estimativas de tamanho de parcela para produção de trigo, para produção de raízes tuberosas e peso da parte aérea para as variedades Platinão e Cramuquém de mandioca, obtidas pelos diferentes métodos utilizados, encontra-se na Tabela 5.

A determinação visual do ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação por meio do método de inspeção visual da curvatura máxima é um método subjetivo e, como tal, sujeito à variação entre observadores. As estimativas deste método foram sempre superiores às dos demais métodos, para todas as variedades e variáveis consideradas (Tabela 5). Em geral, seus valores variaram de 10 a 15 UEB, como pode ser visto na Tabela 5. Não obstante, os valores observados para este método são muito superiores aos dos demais métodos, tendo sido, em alguns casos, mais de 5 vezes superior ao que apresentou menor valor.

Este resultado é consistente com os resultados de Zanon & Storck (2000) que utilizaram este método para estimar o tamanho ótimo de parcelas para *Eucalyptus Saligna* Smith e encontraram resultados muito discrepantes dos resultados do MCM. Viana (1999), trabalhando com estimativas do tamanho de parcelas em experimentos com mandioca, encontrou os maiores tamanhos pelo método de inspeção visual, que inclusive diferem ligeiramente dos valores observados nesse trabalho.

Tabela 5 - Tamanho estimado da parcela (UEB), para os ensaios com trigo e mandioca, respectivamente, pelos métodos de inspeção visual da curvatura máxima (IVCM), da curvatura máxima (MCM), modelo linear de resposta com Platô (LRP), da curvatura máxima do modelo do Coeficiente de Variação (CMCV), considerando $\rho = 0$

| Experimentos | IVCM | MCM | LRP | CMCV |
|---------------|-------|------|------|------|
| Aliança | 10,00 | 2,30 | 5,52 | 5,05 |
| IAC 350 | 12,00 | 3,42 | 9,45 | 4,56 |
| IAC 289 | 12,00 | 2,37 | 5,63 | 2,81 |
| BRS 207 | 12,00 | 2,08 | 9,86 | 3,01 |
| Platinão-RT | 15,00 | 5,35 | 4,07 | 5,18 |
| Platinão-PPA | 15,00 | 6,16 | 4,21 | 6,09 |
| Cramuquém-RT | 15,00 | 5,38 | 3,93 | 5,28 |
| Cramuquém-PPA | 15,00 | 5,82 | 4,03 | 5,83 |

O método da curvatura máxima é um dos mais utilizados para determinar o tamanho das unidades experimentais básicas. De acordo com Bakke (1988) este método pode e deve ser utilizado para comparar um ou mais métodos de determinação de tamanho de unidades experimentais. Sua propriedade consiste em determinar o ponto de máxima curvatura, de forma algébrica, considerando a máxima curvatura e o vértice da curva, mas não o ponto de estabilização dos valores

do coeficiente de variação experimental. Desse modo, o aumento no número de UEB na parcela promove ganho significativo na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação experimental tende a ocorrer sempre na região das pequenas parcelas. Assim, este método tende a subestimar o número ótimo de plantas por parcela. Infelizmente, apesar de poder se afirmar que, em geral, o número ótimo de plantas por parcela foi subestimado, não se pode determinar o número ótimo real, mesmo em dados simulados.

De acordo com Chaves (1985), o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura deve ser interpretado como o limite mínimo de tamanho de parcela e não como tamanho ótimo.

Como se pode observar, com base nos dados da Tabela 5, para os ensaios com trigo, os valores variaram de 2,08 a 3,42 UEB e, para os ensaios com mandioca, variaram de 5,35 a 6,16 UEB. Os valores estimados por este método foram menores quando comparados aos demais, exceto para os ensaios com mandioca, cujos valores estiveram bem próximos dos obtidos pelos métodos LRP e CMCV.

Leite et al. (2005), utilizando o MCM para estimar o tamanho de parcela ideal para a redução do erro experimental e para a estimação de parâmetros genéticos em famílias de cana-de-açúcar, estimaram tamanhos de parcelas com menos de uma planta por parcela, ou seja, tamanhos não aplicáveis a este estudo.

Henriques Neto (2003) encontrou valores pequenos de parcela pelo MCM, os quais não representam o tamanho apropriado para estudo da produção de grãos em experimentos com trigo. Já Viana et al. (2005), apesar de encontrarem forte tendência de estimativas de menores tamanhos por este método, afirmam que este foi o mais adequado.

Como se pode observar por meio da Tabela 5, os valores estimados pelo método LRP não foram grandes como os encontrados pelo método IVCV e nem pequenos, como os encontrados pelo método MCM nos ensaios com trigo. Para os ensaios com mandioca, os valores estimados para o tamanho da parcela foram bem próximos dos valores estimados com o MCM. O mesmo acontece com os valores encontrados pelo método CMCV. Por isso, o método CMCV pode ser empregado para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas, visto que é mais simples e prático. Além do mais, este método não é dependente de critérios pessoais e nem de qualidade de ajuste do modelos. Deve-se ressaltar que nos ensaios com mandioca as UEB eram grandes ($2,4m^2$ e $4,8m^2$) e, portanto, têm uma maior uniformidade entre as diferentes unidades. Isso pode ter sido a causa da maior concordância encontrada entre os diferentes métodos, exceto o método da IVCV.

Os tamanhos das parcelas estimados para os ensaios com trigo estão dentro de limites aceitáveis, em comparação com os valores encontrados na literatura, bem como em relação aos tamanhos de parcela utilizados na prática (Taylor et al., 1999). Estes autores reuniram dados de 142 experimentos de competição de cultivares e constataram que o tamanho da parcela utilizada variou de 1,55 a 95,5 UEB.

O mesmo acontece com as estimativas obtidas para os ensaios com mandioca que, de acordo com a literatura, variaram de 2,08 a 33,33 UEB (MONZÓN et al., 1977, citados por Tineo & Villasmil, 1988); 20,83 UEB (Sinthuprama et al., 1973) e 23,04 UEB (Bueno & Gomes, 1983).

Conclusões

Os métodos modelo linear de resposta com Platô e curvatura máxima do modelo do coeficiente de variação mostraram-se adequados para a obtenção do tamanho ótimo de parcelas experimentais, visto que obtiveram tamanhos similares para a maioria dos experimentos utilizados.

O método da curvatura máxima apresentou os menores tamanhos de parcelas na maioria dos experimentos utilizados.

É recomendável o uso de mais de um método de determinação de tamanho ótimo de parcelas experimentais e uma avaliação crítica de seus resultados, pautada em conhecimento práticos e técnicos da cultura.

PARANAÍBA, P. F.; MORAIS, A. R. de; FERREIRA, D. F. Optimum experimental plot size: II. Comparison of estimation methods in real examples with Wheat and Cassava. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, v.27, n.1, p.xx-xx, 2009.

■ **ABSTRACT:** *The experimental plot size should be property estimated to reduce the experimental error and to increase the quality of the inferences. This paper aimed to compare four methods to estimate experimental plot sizes: the linear response plateau, the method of the maximum curvature of the coefficient of variation seen as function of the sample size, the method of visual inspection of the maximum curvature and the method of the maximum curvature, using uniform assays of wheat and cassava. It was verified that the optimum experimental plot sizes presented great variations within the methods used, specially for the method of visual inspection of the maximum curvature.*

■ **KEYWORDS:** *Basic unit; experimental planning.*

Referências

BAKKE, O. A. *Tamanho e forma ótimas de parcelas em delineamentos experimentais*. 1988. 142 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

BUENO, A.; GOMES, F. P. Estimativa do tamanho de parcela em experimento de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.2, n.2, p.39-44, 1983.

CHAVES, L. J. *Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (Zea mays L.)*. 1985. 148f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

GALLANT, A. R. *Nonlinear statistical model*. New York: John Wiley, 1987. 610p.

- HENRIQUES NETO, D. *Estimativas de tamanho e forma de parcelas experimentais para avaliação do rendimento de grãos de trigo*. 2003. 138f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- LEF CLERG, F. L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K. J. *Plant breeding symposium*. Ames: Iowa State University, 1967. p.243-313.
- LEITE, M. S. O.; PETERNELLI, L. A.; BARBOSA, M. H. P.; SOUZA, E. F. M.; FARIA, R. de O. Estimativa do tamanho de parcelas e de parâmetros genéticos em famílias de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 50.; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA - SEAGRO, 11., 2005, Londrina. *Resumos...* Londrina, 2005.
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. *Crop Sci.*, Madison, v.3, n.5, p.477-481, 1963.
- PARANAÍBA, F. P. *Proposição e avaliação de métodos para estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais*. 2007. 63f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT user's guide*. Version 6.2. ed. Cary: SAS Institute, 1995.
- SINTHUPRAMA, S.; THIRAPORN, C.; SONHLAKSAP, N. *Study on plot size and plot shape for cassava experiments: progress report of 1973*. Thailand: Department of Agriculture, 1973. p.262-269.
- TAYLOR, S. L; PAYTON, M. E.; RAUN, W. R. Relationship between mean yield, coefficient of variation, mean square error, and plot size in wheat field experiments. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v.30, n.9/10, p.1439-1447, 1999.
- TINEO, J. R.; VILLASMIL, J. J. Determinacion del tamaño óptimo de parcela experimental en yuca (*Manihot esculenta Crantz*). *Rev. Fac. Agron.*, Maracaibo, v.7, n.2, p.116-126, 1988.
- VIANA, A. E. S. *Estimativas do tamanho de parcelas e características do material de plantio em experimentos com mandioca*. 1999. 123f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- VIANA, A. E. S.; SEDIYAMA, T.; CECON, P. R.; LOPES, S. C.; SEDIYAMA, M. A. N. Estimativas de tamanho de parcelas em experimentos com mandioca. *Hortic. Bras.*, Brasília, v.20, n.1, p.58-63, 2005.
- ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus Saligna* Smith em dois estágios de desenvolvimento. *Cerne*, Lavras, v.6, n.2, p.104-111, 2000.

Recebido em 31.03.2009.

Aprovado após revisão em 19.05.2009.