

## Avaliação da técnica de Papadakis aplicada em métodos de estimação de tamanho de parcelas experimentais na cultura de soja

Joaquim F. Mazunga<sup>1</sup>, Renato R. Lima<sup>2</sup>, Augusto R. Morais<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras (UFLA).

<sup>2</sup>Departamento de Estatística, Universidade Federal de Lavras (UFLA).

**Resumo:** *O tamanho de parcela experimental deve ser adequado para que se reduza o erro experimental e aumente a precisão, daí haver necessidade de se ter experimentos mais eficientes. E, para a determinação de tamanhos de parcelas experimentais são encontrados muitos métodos na literatura que apresentam resultados adequados, mas, alguns métodos têm apresentado resultados não satisfatórios, com tamanhos excessivamente pequenos ou grandes. Para contornar esse problema, uma alternativa é a utilização da técnica de Papadakis. Por tal, o objetivo deste trabalho é avaliar a utilização do método de Papadakis para estimação de tamanho de parcelas experimentais com aplicação na cultura de soja. Para estimação do tamanho de parcelas foram utilizados os métodos da máxima curvatura modificada, método do modelo linear segmentado com platô e o método de máxima curvatura do coeficiente de variação considerando os dados originais e os dados ajustados pelo método de Papadakis. Verificou-se que o uso do método de Papadakis proporciona bom ajuste na estimação de tamanhos de parcelas experimentais usando estimativas dos métodos de máxima curvatura modificada e o método de máxima curvatura do coeficiente de variação.*

**Palavras-chave:** *Planejamento experimental, precisão experimental, média móvel, máxima curvatura, ajuste dos dados.*

## Evaluation of the Papadakis technique applied to methods for estimating the size of experimental plots in soybean crops

**Abstract:** *The experimental plot size must be adequate to reduce experimental error and increase precision, hence there is a need to have more efficient experiments. And, to determine the sizes of experimental plots, many methods are found in the literature that present adequate results, but some methods have presented unsatisfactory results, with excessively small or large sizes. To overcome this problem, an alternative is to use the Papadakis technique. Therefore, the objective of this work is to evaluate the use of the Papadakis method for estimating the size of experimental plots for application in soybean crop. To estimate the size of plots, the modified maximum curvature method, the segmented linear model method with plateau and the maximum curvature coefficient of variation method were used considering the original data and the data adjusted by the Papadakis method. It was found that the use of the Papadakis method provides a good fit in the estimation of experimental plot sizes using estimates from the modified maximum curvature methods and maximum curvature coefficient of variation method.*

**Keywords:** *Experimental planning, experimental precision, moving average, maximum curvature, data fitting.*

## Introdução

Parcela experimental é a unidade em que é feita a aplicação casualizada do tratamento de modo a fornecer os dados experimentais que devem refletir o seu efeito. Também é considerada a menor porção do material experimental na qual os tratamentos são avaliados (STROCK; BISOGNIN; OLIVEIRA, 2006). No planejamento experimental, um dos aspectos mais importante a considerar é a definição da unidade experimental ou parcela. A escolha é feita de modo a minimizar o erro experimental para que a parcela seja mais uniforme possível, para que reflita o efeito dos tratamentos aplicados e que tenham uma boa precisão sobre a área aplicada.

Para se evitar o erro devido a heterogeneidade, deve-se conhecer a variabilidade das unidades experimentais da área em questão, usando resultados de pesquisas anteriores. Steel, Torres e Dickey (1997) apresentaram três maneiras de controlar o erro experimental, evitando assim conclusões erradas sobre o efeito dos tratamentos. A primeira é pelo delineamento experimental, que consiste no planejamento do ensaio visando o controle da variação natural. A segunda maneira está baseada no uso de observações concomitantes, com as quais é realizada a análise de covariância em ensaios com tratamentos de efeito fixo em que a variável dependente é afetada por uma ou mais variáveis independentes. A terceira está relacionada com o tamanho e forma das parcelas, pois, em geral, deve-se ter o menor tamanho de parcela compatível com os tratamentos e o maior número de repetições possível, em áreas restritas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2015).

Na determinação de tamanho de parcelas, é comum o uso de ensaio de uniformidade. O ensaio de uniformidade consiste naquele experimento em que se tem em toda extensão da área experimental apenas um único material genético, submetendo toda área a práticas idênticas de cultivo, sem o uso de tratamentos. Para a determinação de tamanho de parcela ótimo, são utilizados métodos de determinação que buscam estimar quais os tamanhos mais convenientes para reduzir o erro experimental.

Como alternativa para redução do erro experimental, o método de Papadakis (1937), reduz significativamente o erro devido a um ajuste de variabilidade espacial, no qual a covariável para utilização na análise de covariância, é obtida dos próprios erros experimentais. A metodologia consiste em uma análise de covariância na qual um índice ambiental é utilizado como covariável, fazendo-se a correção da produção de cada parcela (variável resposta) pelo efeito médio das parcelas vizinhas, sendo que o índice ambiental é obtido pela média dos resíduos das parcelas vizinhas.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a utilização do método de Papadakis para estimação de tamanho de parcelas experimentais com aplicação na cultura de soja. De modo específico incluem-se nos objetivos: i) estimação do tamanho de parcela utilizando dados de peso por planta sem e com transformação pela técnica de Papadakis; ii) comparar os métodos da máxima curvatura modificada, do método linear segmentado com resposta platô e do modelo da máxima curvatura do coeficiente de variação aplicados aos dados sem e com aplicação da técnica de Papadakis.

## Metodologia

Os dados utilizados neste trabalho, são provenientes de experimento realizado na fazenda experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no município de Lavras, MG, nas coordenadas geográficas de 20°14' de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e latitude média de 918 metros. De acordo com a classificação climática internacional de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, tropical, temperado chuvoso, com inverno seco, verão chuvoso e temperatura do mês mais quente maior que 22°C (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por 10 cultivares de soja. Cada parcela foi formada por quatro fileiras de cinco metros de comprimento, espaçadas de 0,5 metro entre si. Em cada parcela foi elaborada uma rede dimensões 4x48 de unidades básicas (UB), correspondente as quatro fileiras da parcela e as 48 plantas dentro de cada fileira, formando um total de 192 UB. Cada UB foi formada por uma planta e, cada UB foi avaliada a produção de grãos, em gramas (g) por planta.

Foram utilizadas as 192 UB dispostas em quatro fileiras e 48 colunas, foram simulados diferentes tamanhos de amostra, as quais são formadas por  $x_1$  unidades básicas de largura (fileiras,  $x_1 = 1, 2, 4$ ) e por  $x_2$  unidades básicas de comprimento ( $x_2 = 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24$ ). Os tamanhos de amostra foram simulados pelo agrupamento de UB adjacentes ou contíguas, de modo que  $x_1 * x_2 = x$  correspondente ao tamanho da amostra, com x UB.

Com base nos valores agrupados foram estimadas as seguintes quantidades:  $n$  número de amostras com  $x$  UB ( $n = \frac{192}{x}$ );  $m_x$  média das amostras com  $x$  UB;  $V_x$  variância entre amostras com  $x$  UB;  $CV_x = \frac{V_x}{\bar{X}^2}$  variância por UB ou variância reduzida;  $CV_x$  coeficiente de variação entre as amostras de  $x$  UB ( $CV_x = \frac{\sqrt{V_x}}{m_x} \cdot 100$ ). A Tabela 1, ilustra a estrutura de agrupamentos das UB para a formação de diferentes tamanhos de parcelas.

Tabela 1: Estrutura de agrupamento das estruturas básicas (UB), constando os formatos, tamanho de parcela em UB e número total de UB, sendo as UB constituídas por plantas por cada cultivar de soja.

<b>Estrutura</b>	<b>Formato (<math>X_1 * X_2</math>)</b>	<b>Tamanho da parcela (UEB)</b>	<b>Número total (UEB)</b>
1	1x1	1	192
2	1x2;2x1	2	96
3	1x3	3	64
4	1x4;4x1;2x2	4	48
5	1x6;2x3	6	32
6	1x8;2x4;4x2	8	24
7	1x12;2x6;4x3	12	16
8	1x16;2x8;4x4	16	12
9	1x24;2x12;4x6	24	8
10	2x16;4x8	32	6
11	4x12	48	4

Fonte: Dos autores.

## Medidas de qualidade de ajuste e critérios de avaliação

Para verificar a eficiência da transformação dos dados pelo método de Papadakis utilizando a análise de variância e para comparar os diferentes métodos, foram utilizadas as medidas de qualidade de ajuste seguintes: (i) erro padrão das estimativas, quanto menor for o erro padrão indica melhor precisão; (ii) erro padrão residual, que é obtido pela raiz quadrada do quadrado médio do erro e quanto menor for o erro padrão residual é indicador de melhoria da qualidade de ajuste; (iii) coeficiente de variação ajustado ( $R_a^2$ ) foi calculado utilizando a expressão (RENCHER; SCHAALJE, 2008):

$$R_a^2 = 1 - \left( \frac{n-1}{n-p} \right) \frac{SQR}{SQT}$$

em que;  $n$  é o número de observações;  $p$  é o número de parâmetros do modelo; SQR é a soma de resíduos e SQT é a soma de quadrados total corrigida para a média. Quanto maior for a sua estimativa, melhor será o modelo. (iv) o critério de informação de Akaike (AIC), é uma estatística usada para comparação de qualidade de ajuste de modelo utilizando o máximo da função verossimilhança:

$$AIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + 2p$$

em que  $L(\hat{\theta})$  é o valor da função de máxima verossimilhança do modelo em  $(\hat{\theta})$  e o  $p$  é o número de parâmetros do modelo.

## Procedimentos de estimação

### O método de Papadakis

O procedimento foi realizado em cada uma das UB que estão dispostas nas quatro fileiras (linhas) de 48 colunas, com  $i = 1, 2, 3, 4$  linhas e  $j = 1, 2, \dots, 48$  colunas, de modo que  $Y_{12}$  corresponde ao valor observado do peso de grãos da planta situada na linha 1 e na coluna 2. Inicialmente foram estimados os resíduos de cada UB pela expressão:

$$R_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i+}$$

em que,  $R_{ij}$  é o valor do resíduo estimado na linha  $i$  e na coluna  $j$ ;  $Y_{ij}$  é o valor observado na linha  $i$  e coluna  $j$ ;  $\bar{Y}_{i+}$  é a média das UB na  $i$ -ésima linha de cultivo. Os valores dos resíduos  $R_{ij}$  são posicionados de acordo com a disposição inicial dos valores de cada uma das UB. De seguida, são estimados os resíduos médios que são os valores da covariáveis ou índice ambiental, em cada unidade experimental, pela expressão:

$$C_{ij} = \frac{[R_{ij} + R_{(i-1,j)} + R_{(i+1,j)}]}{3}$$

na qual  $C_{ij}$  é o valor da covariável associada à parcela da linha  $i$  e da coluna  $j$ . O ajuste do valor original de cada parcela usando a análise de covariância, é feito pela expressão:

$$Y_{(ij)}^* = Y_{ij} - \beta (C_{ij} - \bar{C}_j)$$

em que  $Y_{(ij)}^*$  é a variável corrigida na linha  $i$  e na coluna  $j$ ;  $Y_{ij}$  é a variável original na linha  $i$  e coluna  $j$ ;  $\bar{C}_j$  é a média da covariável na linha de cultivo. Com os valores das observações originais ( $Y_{ij}$ ) e dos valores transformados  $Y_{(ij)}^*$  foram realizados os procedimentos necessários para a estimação de tamanho de parcela utilizando os três métodos de estimação a seguir.

### Método de máxima curvatura modificada

Para explicar a relação entre os coeficientes de variação e tamanho de parcela foi utilizada função desenvolvida por Lessman e Atkins (1963), pela expressão:

$$CV_{(x)} = \frac{A}{X^B} + \varepsilon_x$$

em que;  $CV_{(x)}$  é o valor do coeficiente de variação observado entre as parcelas;  $X$  é o número de UB agrupadas;  $A$  é o coeficiente de variação de uma UB numa parcela;  $B$  é o índice de heterogeneidade do solo;  $\varepsilon_x$  é o erro associado ao  $CV_x$  considerados independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância constante. O tamanho ótimo de parcela foi determinado por meio do estimador:

$$\hat{X}_0 = \left[ \frac{\hat{A}^2 \hat{B}^2 (2\hat{B} + 1)}{\hat{B} + 2} \right]^{\frac{1}{(2+2\hat{B})}}$$

em que;  $\hat{X}_0$  é o tamanho ótimo da parcela em número de UB;  $\hat{A}$  é a estimativa do parâmetro  $A$ ;  $\hat{B}$  é a estimativa do parâmetro  $B$ .

### Método do modelo linear segmentado com resposta platô

A determinação do tamanho ótimo por este método é realizado primeiro pela determinação do coeficiente de variação da pela expressão:

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

em que;  $CV_{(X)}$  é o valor observado do coeficiente de variação ou de outra medida de variabilidade entre totais de amostra de tamanho  $x$ ;  $X$  é o número de UB agrupadas;  $X_0$  é o tamanho da

amostra, em UB; CVP é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô;  $\beta_0$  é o intercepto do segmento do segmento linear;  $\beta_1$  é o coeficiente angular do segmento linear;  $\epsilon_x$  é o erro associado ao  $CV(X)$  considerado como normalmente distribuído, independentes com média zero e variância constante. O tamanho ótimo da amostra foi determinado pela expressão:

$$\hat{X}_0 = \frac{\widehat{CVP}}{\hat{\beta}_1}$$

em que;  $X_0$  é o tamanho da amostra, em UB;  $\widehat{CVP}$  é a estimativa do parâmetro CVP;  $\hat{\beta}_0$  é a estimativa do parâmetro  $\beta_0$ ; e  $\hat{\beta}_1$  é a estimativa do parâmetro  $\beta_1$ .

### **Método de máxima curvatura do coeficiente variação**

Com os dados ajustados e não ajustados, estimou-se o tamanho ótimo de parcela pelo método de máxima curvatura do coeficiente de variação, obtido pela expressão:

$$\hat{X}_0 = \frac{10 \sqrt[3]{2(1 - \hat{\rho}^2)S^2\bar{Y}}}{\hat{Y}}$$

em que;  $X_0$  é o tamanho ótimo da parcela;  $S^2$  é a variância da linha de cultivo;  $\bar{Y}$  é a média das plantas na linha de cultivo;  $\hat{\rho}^2$  é o coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem estimado pela equação:

$$\hat{\rho}^2 = \frac{\sum_2^n (R_{ij})(R_{(i-1,j)})}{\sum_1^n (R_{ij})^2}$$

em que;  $R_{ij}$  é o resíduo da parcela  $i$  na linha  $j$ . O coeficiente de variação no tamanho ótimo da parcela é calculado pela expressão:

$$CV_{X_0} = \frac{100\sqrt{2(1 - \hat{\rho}^2)S^2/\bar{Y}}}{\sqrt{\hat{X}_0}}$$

em que  $CV_{X_0}$  é o coeficiente de variação do tamanho ótimo de parcela.

### **Recursos computacionais**

Todas análises estatísticas foram realizadas com rotinas desenvolvidas no programa estatístico (R CORE TEAM, 2018) e Office Excel (WALKENBACH, 2010). Todas análises foram realizadas admitindo 5% de probabilidade de erro.

## **Resultados e discussão**

### **Método de máxima curvatura modificada (MMCM)**

Os valores das estimativas dos parâmetros (a) e (b) do (MMCM) apresentaram uma pequena variação entre a cultivares e entre as técnicas usadas sem e com a correção do método de Papadakis. Os valores das estimativas de (b) foram maiores quando se utilizou a correção de Papadakis, com valor médio de 1,536 com papadakis e 1,497, sem a correção. Os erros padrão assintótico das estimativas dos parâmetros, foram ligeiramente maiores quando se utilizou Papadakis.

As estimativas do tamanho ótimo da parcela tiveram pouca variação em relação às técnicas de correção de Papadakis e sem a correção, sendo 7,14 UEB a média de tamanho ótimo da parcela sem Papadakis e de 7,01 UEB quando se utilizou a correção. Com o uso do método de Papadakis, observou-se uma ligeira diminuição no tamanho de parcela em relação aos valores de tamanho de parcela sem o uso do método. Storck et al., (2008) usando o método de Papadakis com diversidades de ambientes e recursos genéticos, verificaram que o método se mostrou eficiente para a melhoria dos indicadores de precisão (Tabela 2).

Tabela 2: Estimativas dos parâmetros (a) e (b) com os seus respectivos erros padrão assintótico (ep), do tamanho de parcela ( $X_0$ ), do coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ ), do critério de avaliação de Akaike (AIC) e do desvio padrão residual (DPR) para dados não ajustados pelo método de Papadakis (s/P) e ajustados (c/P) de peso por planta em dez cultivares de soja.

Cultivar	Método	Parâmetros				$X_0$	$R_a^2$	AIC	DPR
		a	ep	b	ep				
C1	s/P	81,58	0,832	1,483	0,017	7,24	0,9975	64,230	1,281
	c/P	84,83	1,179	1,544	0,029	6,98	0,9954	80,860	1,205
C2	s/P	84,91	1,193	1,487	0,027	7,18	0,9940	74,510	1,209
	c/P	84,84	1,199	1,545	0,029	6,98	0,9952	81,570	1,225
C3	s/P	84,26	0,845	1,475	0,019	7,20	0,9973	61,840	0,868
	c/P	84,69	1,082	1,521	0,026	7,05	0,9961	76,490	1,107
C4	s/P	84,42	0,733	1,493	0,017	7,16	0,9981	57,520	0,752
	c/P	84,72	0,973	1,526	0,023	7,04	0,9968	71,490	0,996
C5	s/P	84,30	0,692	1,482	0,016	7,17	0,9983	54,640	0,711
	c/P	84,72	1,006	1,530	0,024	7,03	0,9966	72,940	1,029
C6	s/P	84,31	0,654	1,479	0,015	7,18	0,9985	51,590	0,671
	c/P	84,66	1,015	1,514	0,024	7,08	0,9961	73,580	1,040
C7	s/P	84,58	0,827	1,514	0,019	7,07	0,9977	62,150	0,836
	c/P	84,78	1,109	1,537	0,027	7,00	0,9956	75,380	1,134
C8	s/P	84,58	0,726	1,511	0,017	7,08	0,9981	56,930	0,744
	c/P	84,83	1,143	1,542	0,028	6,99	0,9957	79,511	1,169
C9	s/P	84,77	1,045	1,536	0,025	7,01	0,9964	75,198	1,069
	c/P	84,95	1,397	1,558	0,035	6,94	0,9936	89,009	1,427
C10	s/P	84,58	0,768	1,514	0,018	7,07	0,9980	59,902	0,786
	c/P	84,79	1,166	1,540	0,028	6,99	0,9955	80,440	1,192
média (s/P)		84,23	0,832	1,497	0,019	7,14	0,9974	61,851	0,893
média (c/P)		84,78	1,127	1,536	0,027	7,01	0,9957	78,127	1,152

Fonte: Dos autores.

Cargnelutti Filho, Storck e Lúcio (2003) utilizaram como covariável o índice ambiental estimado por cinco formas e, compararam a análise convencional com a análise pela metodologia de Papadakis utilizando estimativas do quadrado médio do erro, coeficiente de variação, diferença mínima significativa do teste de Tukey, verificaram que o método de Papadakis melhorou a precisão experimental em relação às diferentes formas de estimação (Tabela 2).

### ***Método do modelo linear segmentado com resposta platô (MLRP)***

Utilizando o método (MLRP) não verificaram mudanças significativas entre as estimativas dos parâmetros considerando dados sem e com ajuste da técnica de Papadakis. Segundo Humada et al., (2018), estudaram tamanho de parcelas para batata doce, usando o (MLRP) verificaram que o método obtém tamanhos de parcela mais adequados, porque o comportamento da curva do CV em relação ao ( $X_0$ ) tende a uma trajetória, de modo que, o aumento no tamanho da parcela produz ganho de precisão continuamente. Em termos médios, verificou-se que o ajuste de Papadakis pelo método (MLRP), não altera de forma significativa os resultados de tamanho de parcela ( $X_0$ ) em relação aos resultados sem o uso de Papadakis, com valor médio estimado em 4,14 UEB em ambas técnicas (Tabela 3).

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros ( $\beta_0$ ) e ( $\beta_1$ ) com os seus respectivos erros padrão assintótico (ep), do coeficiente de variação no ponto platô (CVP), do tamanho de parcela ( $X_0$ ), do coeficiente de determinação ajustado ( $R_a^2$ ), do critério de avaliação de Akaike (AIC) e do desvio padrão residual (DPR) para dados não ajustados pelo método de Papadakis (s/P) e ajustados (c/P) de peso por planta em dez cultivares de soja pelo método (MLRP).

Cultivar	Método	Parâmetros				CVP	$X_0$	$R_a^2$	AIC	DPR
		$\beta_0$	ep	$\beta_1$	ep					
C1	s/P	80,96	6,492	19,01	2,114	1,932	4,16	0,8712	161,08	6,292
	c/P	84,14	6,754	20,02	2,452	1,549	4,12	0,8710	163,09	6,546
C2	s/P	83,63	6,839	19,72	2,227	1,969	4,13	0,8659	163,69	6,629
	c/P	84,16	6,754	20,03	2,199	1,535	4,12	0,8711	163,08	6,545
C3	s/P	83,01	7,012	19,37	2,283	2,241	4,16	0,8581	164,87	6,797
	c/P	83,50	6,860	19,65	2,234	1,619	4,16	0,8666	164,04	6,649
C4	s/P	86,15	6,906	19,58	2,249	2,092	4,15	0,8628	164,15	6,788
	c/P	83,80	6,818	19,82	2,220	1,666	4,14	0,8681	163,54	6,608
C5	s/P	83,41	9,933	19,61	2,258	2,322	4,13	0,8609	164,34	6,720
	c/P	83,85	6,796	19,85	2,213	1,713	4,13	0,8678	163,57	6,588
C6	s/P	83,15	6,981	19,59	2,273	2,177	4,16	0,8597	164,67	6,766
	c/P	83,24	6,891	19,51	2,244	1,616	4,18	0,8654	164,04	6,679
C7	s/P	83,77	6,818	19,81	2,221	1,914	4,13	0,8669	163,54	6,608
	c/P	84,10	6,770	19,99	2,205	1,652	4,12	0,8689	163,34	6,562
C8	s/P	83,75	6,829	19,79	2,224	1,856	4,13	0,8674	163,51	6,619
	c/P	83,94	6,756	19,91	2,200	1,566	4,14	0,8702	163,21	6,548
C9	s/P	84,19	6,764	20,04	2,203	1,714	4,12	0,8714	163,03	6,556
	c/P	84,09	6,739	19,99	2,194	1,444	4,13	0,8714	163,11	6,531
C10	s/P	83,82	6,816	19,63	2,220	1,811	4,13	0,8681	163,42	6,607
	c/P	84,13	6,760	20,01	2,201	1,741	4,11	0,8695	163,24	6,552
média (s/P)		83,58	7,139	19,62	2,227	2,003	4,14	0,8652	163,63	6,638
média (c/P)		83,90	6,790	19,88	2,236	1,610	4,14	0,8690	163,43	6,581

Fonte: Dos autores.

#### *Método de máxima curvatura do coeficiente de variação (MMCv)*

Pelo método (MMCv), os valores de tamanho de parcela  $X_0$  com o uso da correção pelo método de Papadakis, variaram de 2,98 à 4,11 UEB, enquanto que os valores de  $X_0$  obtidos sem o uso de Papadakis, variaram de 3,97 a 5,26 UEB. Isto mostra que o método (MMCv) com dados ajustados pela técnica de Papadakis mostra certa eficiência. Isto considerando que a estimação de menor tamanho ótimo de parcela é uma condição mais adequada, em termos médios, sem a correção de Papadakis ajustaram se tamanho ótimo de parcela de 4,76 UEB e, com Papadakis, foi de 3,74 UEB. Lúcio et al., (2016), na avaliação de qualidade de experimentos com a cultura de alface, utilizaram o método do coeficiente de variação para obter estimativas do tamanho de parcela, verificaram que o uso da covariância com a covariável estimada pelo método de Papadakis, melhorou a qualidade de experimentos, possibilitando estimar menores tamanhos de parcelas (Tabela 4).

Tabela 4: Estimativas do coeficiente de autocorrelação espacial de primeira ordem ( $\rho$ ), do tamanho de parcela ( $X_0$ ) usando o método de ajuste de Papadakis (c/P) e sem o uso (s/P) e do coeficiente de variação (CV).

Cultivar	Método	$\rho$	$X_0$	CV
C1	s/P	0,026	4,64	0,478
	c/P		3,78	0,526
C2	s/P	0,021	4,98	0,462
	c/P		3,67	0,533
C3	s/P	0,016	5,26	0,451
	c/P		3,90	0,518
C4	s/P	0,033	4,79	0,470
	c/P		3,93	0,516
C5	s/P	0,005	5,16	0,453
	c/P		3,71	0,530
C6	s/P	0,069	4,90	0,465
	c/P		3,83	0,522
C7	s/P	0,040	4,59	0,479
	c/P		4,11	0,505
C8	s/P	0,012	4,51	0,483
	c/P		3,67	0,533
C9	s/P	0,297	3,97	0,514
	c/P		2,98	0,588
C10	s/P	0,054	4,82	0,469
	c/P		3,86	0,521
média (s/P)			4,76	0,472
média (c/P)			3,74	0,529

Fonte: Dos autores.

## Conclusão

A aplicação do método de Papadakis se mostrou eficiente na redução do tamanho ótimo de parcela experimental para os métodos MMCV e MMCM.

O método MMCM estimou maiores tamanhos ótimo de parcela em relação aos métodos MLRP e MMCV.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

## Referências

AKAIKE, H. *A new look at the statistical model identification*. IEEE transaction on automatic control: Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al., *Tamanho de parcela e número de repetições em ervilha forrageira*. Ciência Rural: Anta Maria, v. 45, n. 7, p. 1174-1182, 2015.

*Sigmae*, Alfenas, v.12, n.3, p.168-176. 2023.

67<sup>a</sup> Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria (RBras) e 20<sup>o</sup> Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica (SEAGRO)



- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; LÚCIO, A. D. *Ajustes de quadrados médios do erro em ensaios de competição de cultivares de milho pelo método de Papadakis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira: Brasília, v. 38, n. 4, p. 467-473, 2003.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. D.; FERREIRA, E. *Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG..* Ciência e Agrotecnologia: Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- HUMADA, G. G. et al., *Estimación del tamaño ótimo del parcela en experimentación con batata dulce*. Agrociência : Uruguai, v. 22, n. 2, p. 1-10, 2018.
- LÚCIO, A. D., et al., *Método de Papadakis e tamanho de parcela em experimentos com a altura da alface*. Horticultura Brasileira: Brasília, v. 34, n. 1, p. 66-73, 2016.
- PAPADAKIS, J., *Méthode statistique pour des expériences sur champ*. Thessalonike: Institut d'Amelonation des plantes: Salonique, p. 30, 1937.
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018., URL <http://www.R-project.org/>.
- STEEL, R. G.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. *Principles and procedures of statistics*. WCB/McGraw Hill: Boston, Salonique, p.666, 1997.
- STORCK, L.; BISSOGNIN, 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.
- STORCK, L. et al., *Utilização do método de Papadakis na melhoria da qualidade experimental de ensaios com soja*. Pesquisa Agropecuária Brasileira: UFSM, Santa Maria, v. 43, n. 5, p.581-587, 2008.
- WALKENBACH, J. *Excel 2010 power programming with VBA*. John Wiley & Sons, New York, v. 6, 2010.