

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE HETEROGENEIDADE DO SOLO E DO  
TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA EM EXPERIMENTO COM SOJA.

A Comparison of Methods to Estimate Soil Heterogeneity Index and Optimum Plot  
Size in Soybean Experiment.

Lindolfo Storck\*, Ailo Valmir Saccol\*\* e Flávio Miguel Schneider\*

RESUMO

No presente trabalho, utilizou-se os resultados de vinte e três determinações agrônômicas de um experimento com soja realizado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, durante os anos agrícolas de 1973/74 e 1974/75. O experimento era constituído de dois níveis de fertilidade, três épocas de semeadura, três cultivares e uma combinação de dois espaçamentos entre fileiras com três densidades de semeadura.

Para cada determinação agrônômica foi estimado o índice de heterogeneidade do solo e o tamanho ótimo de parcela por dois e seis diferentes métodos, respectivamente.

Os resultados obtidos evidenciam que as melhores metodologias de estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho de parcela são as de RAY et alii e da Máxima Curvatura Modificada, respectivamente. Também conclui-se que não se deve utilizar o mesmo tamanho de parcela para estimar, com a mesma precisão, diferentes determinações agrônômicas em soja.

SUMMARY

The results of a soybean experiment in which twenty-three agronomic characteristics were measured, were used in this work. The field experiments were conducted during 1973/74 and 1974/75 growing seasons at the Agriculture Department of Federal University of Santa Maria. The experiment was constituted of two fertilizer levels, three planting dates, three cultivars and a combination of two row spacings with three planting densities. The soil heterogeneity index and the optimum plot size was estimated, for each agronomic characteristic, by two and six different methods, respectively.

The results indicated that the best methods to estimate the soil heterogeneity index and the optimum plot size are the methods of Ray et alii and Maximum Modified Curvature, respectively.

---

\* Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. 97100, Santa Maria, RS, Brasil.

\*\* Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. 97100, Santa Maria, RS, Brasil. Pesquisador do CNPq.

In order to estimate with the same degree of accuracy, different plot sizes should be used when estimating different agronomic characteristics in soybean experiments.

## INTRODUÇÃO

Pesquisadores da cultura da soja normalmente utilizam parcelas de tamanho variado, conforme conviniências e/ou experiências próprias, sem considerar os aspectos científicos nele envolvido. Por outro lado, os valores de melhor forma e tamanho ótimo de parcela existentes na literatura são muito divergentes para a mesma determinação agrônômica, por serem provenientes de diferentes metodologias (6, 11), o que dificulta o uso destas informações na escolha racional da melhor forma e tamanho ótimo de parcela.

Na estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho ótimo de parcela, pode-se utilizar ensaios de uniformidade ou os próprios experimentos com efeitos de tratamentos. Neste sentido, HATHEWAY & WILLIAMS (2) aperfeiçoaram uma metodologia de estimativa do índice de heterogeneidade do solo a partir de experimentos e ensaios de uniformidade. RAY et alii (7) aplicaram a metodologia de SMITH (9), de estimativa do índice de heterogeneidade do solo, sobre um ensaio de uniformidade, obtido com um experimento de adubação no delineamento em blocos casualizados.

A estimativa do tamanho ótimo de parcela pode ser realizada pelos métodos de SMITH (9), da Máxima Curvatura Modificada (5), da Informação Relativa (3), da Regressão Múltipla (4), de THOMAS (12) e o de HATHEWAY (1), STORCK & UITDEWILLIGEN (11), utilizando estas metodologias para estimar o tamanho ótima de parcela para o rendimento de grãos e estatura da planta de milho, verificaram que o tamanho ótimo de parcela diferiu conforme a metodologia empregada para a mesma determinação agrônômica.

O presente trabalho objetiva comparar métodos de estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho ótimo de parcela em experimento com soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados os resultados de um experimento com soja, realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, durante o ano agrícola 1973/74 e repetido em 1974/75 mantendo-se fixo (sem novo sorteio) as parcelas principais e casualizando-se as demais causas de variação. O experimento constava de três blocos com parcelas subdivididas, sendo que em cada bloco existia dois níveis de fertilidade (corrigida e natural) como parcela principal. As subparcelas constavam de três épocas de semeadura (15/10, 15/11 e 15/12), as subparcelas de três cultivares de soja (IAS-2, Bragg e Hardee) e as subparcelas das combinações de dois espaçamentos

entre fileiras (40 e 60 cm) com três densidades de plantas (20, 40 e 60 plantas/m<sup>2</sup>). As sub-sub-subparcelas tinham 2,40 m de largura e 5,00 m de comprimento.

Nos dois anos de experimentação foram realizados, ao todo, vinte e três determinações agronômicas (Tabela 1). Cada determinação agronômica foi analisada conforme modelo da análise da variância constante da Tabela 2.

Para estimar o rendimento de grãos foi colhido, nos dois anos de experimentação, uma área útil de 1,20 m de largura por 4,00 m de comprimento, deixando-se 0,50 m de bordura nas extremidades de cada fileira. No ano agrícola de 1974/75 também foi colhido, separadamente, a bordadura de 1,20 m de largura por 1,00 m de comprimento, equivalente às extremidades da área útil. Na estimativa das demais determinações agronômicas, tomou-se a média de vinte plantas, escolhidas ao acaso, como representativa de cada parcela.

A estimativa dos índices de heterogeneidade do solo, das vinte e três determinações agronômicas, foi realizada pelos métodos de HATHEWAY & WILLIAMS (2) e de RAY et alii (7). A metodologia de HATHEWAY & WILLIAMS (2) utiliza os quadrados médios dos erros e blocos que correspondem as variâncias das parcelas de diferentes tamanhos. No método de RAY et alii (7), mediante o modelo matemático de efeitos aditivos, subtrai-se os efeitos das causas de variação e obtem-se um ensaio de uniformidade. Sobre este ensaio de uniformidade, aplicou-se a metodologia de SMITH (9),  $V_{(x)} = V_1/x^b$ , onde  $b$  é o índice de heterogeneidade do solo, para estimar o índice de heterogeneidade do solo e os métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcela.

Após a obtenção do ensaio de uniformidade, as sub-sub-subparcelas passaram a denominar-se de unidades básicas (UB), identificadas pela sua posição relativa no campo. Os vários tipos de parcelas que foram planejados estão na Tabela 3. Cada tipo de parcela foi formado por  $X_1$  UB de comprimento e  $X_2$  UB de largura pelo agrupamento de UB adjacentes, de modo que  $X_1 \cdot X_2 = X$ , onde  $X$  é o tamanho da parcela em número de UB com  $N$  repetições. Em cada tipo de parcela foram envolvidas todas as UB do ensaio de uniformidades.

Para cada um dos dezenove tipos de parcela planejados, nas vinte e três determinações agronômicas, foram estimados os parâmetros a seguir definidos:

- a)  $N$  = Número de parcelas com  $X$  UB de tamanho =  $324/X$ ;
- b)  $V_{(x)}$  = variância entre as parcelas de  $X$  UB =  

$$\frac{\sum (Y_{X_i} - \bar{Y}_X)^2}{(N-1)}$$
 onde  $Y_{X_i}$  é o  $i$ -ésimo valor na parcela com  $X$  UB com  $i = 1, 2, \dots, N$  e  $\bar{Y}_X$  é a média das parcelas com  $X$  UB;
- c)  $W_x$  = graus de liberdade =  $N-1$ , associado a cada  $V_{(x)}$ ;
- d)  $VC_{(x)}$  = variância comparável =  $V_{(x)}/X$ ;
- e)  $VU_{(x)}$  = variância por unidade básica =  $V_{(x)}/X^2$ ;
- f)  $V_1$  = variância entre parcelas de uma UB;
- g)  $CV_{(x)}$  = coeficiente de variação associado a parcela de  $X$  UB =  

$$100 \cdot \sqrt{V_{(x)}/\bar{Y}_X}$$

TABELA 1. Determinações agrônômicas avaliadas no experimento com soja. Santa Maria, RS.

Determinação	Ano agrícola	Descrição da determinação
1	1973/74	Altura de inserção do primeiro legume (cm)
2	1973/74	Estatura da planta (cm)
3	1973/74	Número de grãos por legume
4	1973/74	Número de legumes por planta
5	1973/74	Peso médio do grão (g)
6	1973/74	Rendimento de grãos por parcela útil (kg/ha)
7	1974/75	Estatura da planta (cm)
8	1974/75	Altura de inserção do primeiro legume (cm)
9	1974/75	Diâmetro da haste (mm)
10	1974/75	Número de ramificações
11	1974/75	Número de nós
12	1974/75	Número de legumes cheios nas ramificações
13	1974/75	Número de legumes chochos nas ramificações
14	1974/75	Número de legumes cheios nas hastes
15	1974/75	Número de legumes chochos nas hastes
16	1974/75	Número de grãos nas ramificações
17	1974/75	Número de grãos nas hastes
18	1974/75	Peso de grãos nas ramificações (g)
19	1974/75	Peso de grãos nas hastes (g)
20	1974/75	Número de grãos danificados nas ramificações
21	1974/75	Número de grãos danificados nas hastes
22	1974/75	Rendimento de grãos na parcela útil (kg/ha)
23	1974/75	Rendimento de grãos parcela útil + bordadura (kg/ha)

TABELA 2. Modelo da análise da variância utilizado no experimento com soja. Santa Maria, RS, 1973/74 e 1974/75.

Causas da variação	Graus de liberdade
Blocos	2
Fertilidade (FERT)	1
ERRO - A	2
Época (EP)	2
FERT x EP	2
ERRO - B	8
Cultivar (CULT)	2
FERT x CULT	2
EP x CULT	4
FERT x EP x CULT	4
ERRO - C	24
Espaçamento (ESP)	1
FERT x ESP	1
EP x ESP	2
FERT x EP x ESP	2
CULT x ESP	2
FERT x CULT x ESP	2
EP x CULT x ESP	4
FERT x EP x CULT x ESP	4
Densidade (DEN)	2
FERT x DEN	2
EP x DEN	4
FERT x EP x DEN	4
CULT x DEN	4
FERT x CULT x DEN	4
EP x CULT x DEN	8
FERT x EP x CULT x DEN	8
ESP x DEN	2
FERT x ESP x DEN	2
EP x ESP x DEN	4
FERT x EP x ESP x DEN	4
CULT x ESP x DEN	4
FERT x CULT x ESP x DEN	4
EP x CULT x ESP x DEN	8
FERT x EP x CULT x ESP x DEN	8
ERRO - D	180
Total	323

TABELA 3. Tipos de parcela, identificadas por  $X_1$  UB de comprimento e  $X_2$  UB de largura, tamanho de parcela ( $X$ ) e número de repetições ( $N$ ), planejados no ensaio de uniformidade, Santa Maria, RS, 1973/74 e 1974/75.

Número de ordem	Tipo de parcela		Tamanho ( $X$ )	Número de repetições ( $N$ )
	comprimento ( $X_1$ )	Largura ( $X_2$ )		
1	1	1	1	324
2	1	2	2	162
3	2	1	2	162
4	1	3	3	108
5	2	2	4	81
6	1	6	6	54
7	2	3	6	54
8	3	2	6	54
9	1	9	9	36
10	3	3	9	36
11	2	6	12	27
12	2	9	18	18
13	3	6	18	18
14	6	3	18	18
15	3	9	27	12
16	6	6	36	9
17	6	9	54	6
18	9	6	54	6
19	9	9	81	4

Utilizando-se os tamanhos e formas de parcelas planejadas e a estimativa das respectivas variâncias, estimou-se o tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) com os seguintes métodos:

1) Método da Máxima Curvatura Modificada (MMMod) - Nesta metodologia proposta por MEIER & LESSMAN (5), o tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) é o ponto de máxima curvatura da função  $CV(x) = A/X^B$ , ponderada pelos  $W_x$ . A estimativa do tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) é realizada com a seguinte equação:

$$\log(X_c) = [1/(2B + 2)] \cdot \log \left\{ [A^2 \cdot B^2 \cdot (2B + 1)] / (B + 2) \right\}$$

2) Método da Máxima Curvatura da Função  $VU(x) = V_1/x^b$  (MMCFVU<sub>x</sub>) - THOMAS (12) definiu o tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) como o ponto de máxima curvatura da função acima, ponderada pelos  $W_x$ . O  $X_c$  é obtido com a seguinte equação:

$$\log(X_c) = [1/(2b + 2)] \cdot \log \left\{ [b \cdot V_1 \cdot (2b + 1)] / (b + 2) \right\}$$

3) Método da Máxima Curvatura da Função  $CV(x) = V_1 / (V_1 \cdot x^{b/2})$  (MMCFV<sub>x</sub>) - THOMAS (12) definiu o tamanho ótimo de parcela ( $X_c$ ) como o ponto de máxima curvatura da função acima, ponderada pelos  $W_x$ , onde  $V_1$  é a média da parcela de uma unidade básica (UB). O  $X_c$  é obtido com a seguinte equação:

$$\log(X_c) = [1/(b + 2)] \cdot \log \left\{ [b^2 \cdot (b + 1) \cdot V_1] / [2 \cdot (b + 4) \cdot V_1^2] \right\}$$

4) Método da Regressão Múltipla - Esta metodologia, proposta por CRUZ (1971) e citada por LUGO (4), estima a melhor forma e o tamanho ótimo de parcela a partir da função:

$$CV(x) = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_1^2 + B_4 X_2^2 + B_5 (X_1 \cdot X_2)$$

onde  $CV(x)$  é o coeficiente de variação da parcela de  $X_1$  UB de comprimento e  $X_2$  UB de largura. A melhor forma e o tamanho ótimo de parcela é determinado pelo ponto de máxima curvatura da função em relação ao comprimento ( $X_{c1}$ ) e largura ( $X_{c2}$ ) em número de UB, como sendo:

$$X_{c1} = [(2 \cdot B_4 / D) \cdot (-1 - B_1)] - [(B_5 / D) \cdot (-1 - B_2)]$$

$$X_{c2} = [(2 \cdot B_3 / D) \cdot (-1 - B_2)] - [(B_5 / D) \cdot (-1 - B_1)]$$

$$\text{onde } D = (2 \cdot B_3 \cdot 2 \cdot B_4) - (B_5)^2$$

5) Método da Informação Relativa (IR) - Neste método, proposto por KELLER (3), a informação relativa da parcela de uma UB,  $VC(1)$ , é 100%. Para os demais tipos de parcela, a informação relativa é calculada por:

$$IR(X_1 \cdot X_2) = 100 \cdot VC(1) / VC(X_1 \cdot X_2)$$

onde  $X_1$  e  $X_2$  indicam as dimensões da parcela, em número de UB, no qual  $VC(x)$  foi calculado. A melhor forma e o tamanho ótimo de parcela é aquele, segundo STORCK & UITDEWILLIGEN (11), que apresenta a máxima informação relativa.

6) Método de HATHEWAY (1) - Este método estima o grau de precisão para parcelas de diferentes tamanhos e número de repetições com o uso da seguinte fórmula:

$d^2 = [2.(t_1 + t_2)^2.A^2]/(r.X^b)$ , onde  $t_1$  é o valor da tabela de t para teste de significância;  $t_2$  é o valor da tabela de t correspondente a  $2(1-P)$  onde  $P$  é a probabilidade de obter resultados significativos;  $A$  é o coeficiente de variação da parcela de uma UB;  $r$  é o número de repetições;  $X$  é o tamanho de parcela em número de UB,  $b$  é o índice de heterogeneidade do solo e  $d$  é a diferença verdadeira entre duas médias de tratamentos, expresso em porcentagem da média dessas médias. Os valores de  $d$  foram estimados para os tamanhos de parcela planejados, para 4, 8 e 16 repetições e para  $\alpha = 0,05$  e  $\beta = 0,20$  com infinitos graus de liberdade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices de heterogeneidade do solo estimados pelas metodologias de HATHEWAY & WILLIAMS (2) ( $b'$ ) e de RAY et alii (7) ( $b$ ) juntamente com as médias ( $\bar{y}_1$ ) obtidas nas parcelas de uma unidade básica de tamanho, das vinte e três determinações agrônômicas, encontram-se na Tabela 4. Observa-se que existe uma grande variação entre os índices de heterogeneidade do solo destas determinações agrônômicas, com os valores de  $b'$  variando de 0,1279 a 0,8933 enquanto que os valores de  $b$  variam de 0,3647 a 0,9435.

Correlacionando-se os valores de  $b$  com os valores de  $b'$ , obteve-se um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,32, que embora sendo significativo é baixo e induz a supor que os índices de heterogeneidade do solo estimado pelos dois métodos não são equivalentes. Na metodologia de RAY et alii (7) utilizou-se parcelas de tipos e proporções entre largura e comprimento mais variados e em maior número do que na metodologia de HATHEWAY & WILLIAMS (2), na qual os tipos de parcelas foram bloco, parcela principal, subparcela, sub-sub-parcela e sub-sub-subparcela. Considerando a diferença dos tipos de parcela utilizados e a baixa correlação entre os dois métodos e que um maior número de pontos estima melhor um coeficiente de regressão, nesse caso denominado índice de heterogeneidade do solo, evidencia-se que a melhor metodologia de estimativa do índice de heterogeneidade do solo é a proposta por RAY et alii (7).

Uma análise dos valores do índice de heterogeneidade do solo estimados pelo método de RAY et alii (7), mostra que as determinações de altura de inserção dos primeiros legumes, número de ramificações e dos componentes do rendimento apresentam grande sensibilidade às variações do ambiente.

O tamanho ótimo de parcela estimado pelos métodos da MMCMOD,  $MMCFVU_x$ ,  $MMCFCV_x$ , Regressão Múltipla e Informação Relativa, para as vinte e três determinações agrônômicas, encontra-se na Tabela 5.

Analisando-se estes resultados, verifica-se que o método da Regressão Múltipla proporcionou valores de tamanho ótimo de parcela com dimensões negativas, para várias determinações agrônômicas, o que fisicamente é impossível. Resultados similares foram obtidos por STORCK & UITDEWILLIGEN (11). Isto evidencia que este método não deve ser utilizado na estimativa do tamanho ótimo de parcela.



TABELA 4. Índices de heterogeneidade do solo, estimados pelos métodos de HATHEWAY & WILLIAMS ( $b'$ ) e de RAY et alii ( $b$ ), e as médias ( $\bar{Y}_1$ ) obtidas nas parcelas de uma unidade básica. Santa Maria, RS, 1973/74 e 1974/75.

Determinação*	$b'$	$b$	$\bar{Y}_1$
1	0,5928	0,8563	16,80
2	0,2461	0,3647	72,47
3	0,1279	0,8787	1,64
4	0,6520	0,6148	36,38
5	0,3638	0,6167	0,16
6	0,3388	0,5580	2275,00
7	0,2688	0,4271	82,30
8	0,6225	0,7173	23,84
9	0,3988	0,6988	5,95
10	0,8302	0,8853	6,40
11	0,3520	0,5682	14,26
12	0,2470	0,6891	23,29
13	0,7882	0,9435	2,08
14	0,3204	0,6502	11,58
15	0,7255	0,9151	0,79
16	0,5034	0,7024	41,85
17	0,2536	0,6572	20,50
18	0,8933	0,7165	62,94
19	0,3419	0,6650	31,29
20	0,6199	0,8349	4,11
21	0,3159	0,8029	2,20
22	0,2621	0,4794	1560,00
23	0,2503	0,5072	2368,00

\* Conforme codificação da Tabela 1.

TABELA 5. Tamanho ótimo de parcela, em número de unidades básicas para as determinações agrônômicas realizadas no experimento com soja. Santa Maria, RS, 1973/74 e 1974/75.

Determinação*	Métodos									
	MMCMód**	MMCFV <sub>X</sub> ***	MMCFV <sub>Y</sub> ****	Regressão Múltipla*****		Máxima Informação Relativa*****		X <sub>2</sub>	K	
				X <sub>C1</sub>	X <sub>C2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>			
1	3,87	1,74	0,15	6,46	-6,21	6	9	6		
2	1,57	2,97	0,03	-8,78	92,40	1	1	1		
3	2,41	0,35	0,10	3,85	-7,20	6	9	6		
4	4,58	3,48	0,13	4,69	4,92	1	1	1		
5	1,64	0,09	0,10	4,75	-39,20	6	9	3		
6	3,18	38,39	0,09	4,05	6,86	1	1	1		
7	3,04	3,04	0,04	2,28	10,92	1	1	1		
8	2,40	1,52	0,08	4,03	-0,33	1	1	1		
9	2,02	2,29	0,07	7,24	-44,91	6	9	2		
10	6,39	1,52	0,26	5,18	6,45	6	9	2		
11	1,23	0,68	0,03	-2,83	28,09	1	1	1		
12	4,22	2,37	0,14	7,28	-20,02	6	9	2		
13	11,18	1,30	0,45	5,89	6,98	6	9	5		
14	3,87	1,48	0,12	19,47	-158,26	6	9	2		
15	7,45	0,57	0,32	6,09	6,05	9	9	6		
16	4,39	3,44	0,14	6,10	-4,48	6	9	2		
17	4,08	2,17	0,13	34,83	-225,66	6	9	2		
18	4,90	4,70	0,16	5,36	3,43	6	9	3		
19	4,39	2,96	0,14	4,21	21,00	6	9	2		
20	5,48	1,06	-0,21	4,46	11,01	3	9	4		
21	5,96	0,80	0,22	5,32	6,54	3	9	3		
22	3,07	35,71	0,08	5,02	6,43	1	1	1		
23	2,83	40,89	0,07	4,59	6,67	1	1	1		

\* Número da determinação conforme Tabela 1.

\*\* Método da Máxima Curvatura Modificada.

\*\*\* Método da Máxima Curvatura da Função  $VU(X) = V_1/X^b$ .

\*\*\*\* Método da Máxima Curvatura da Função  $CV(X) = V_1/(Y_1 \cdot X^b/2)$ .

\*\*\*\*\* Onde  $X_{C1}$  e  $X_{C2}$  são o comprimento e a largura da parcela, respectivamente.

\*\*\*\*\* Onde  $X_1$  e  $X_2$  são, respectivamente, o comprimento e a largura da parcela com a máxima informação relativa e K o número de tipos de parcela com informação relativa igual ou maior do que 100%.

Os valores de tamanho ótimo de parcela obtidos com os métodos MMCMoD, MMCFVux e MMCFVx são muito diferentes para a mesma determinação agrônômica. A metodologia de estimativa do tamanho ótimo de parcela deve proporcionar valores correlacionados positivamente com o Índice de heterogeneidade do solo e não com a média e a variância da unidade básica. Assim, deve haver independência entre o tamanho ótimo de parcela e a unidade de medida (m ou cm, kg ou g, etc.). Isto somente é observado com os valores de tamanho ótimo de parcela obtidos com os métodos MMCMoD e MMCFVx. Entretanto, como o método MMCFVx proporcionou tamanho de parcela inviável de ser utilizado a campo, a melhor destas três metodologias é o método MMCMoD.

A Tabela 5 também apresenta, para as vinte e três determinações agrônômicas, o tipo de parcela em número de UB de comprimento ( $X_1$ ) e de largura ( $X_2$ ) com a máxima informação relativa e o número (K) de tipos de parcela com informação relativa maior ou igual a 100%. Nas determinações agrônômicas que apresentam tamanhos de parcela com informação relativa maior do que 100%, o tamanho de parcela com a máxima informação relativa corresponde ao de menor coeficiente de variação e conseqüentemente ao tamanho ótimo de parcela. Este aspecto concorda com STORCK & UITDEWILLIGEN (11), os quais concluíram que se deveria escolher como tamanho ótimo a parcela com a máxima informação relativa. Entretanto, quando não existem parcelas com informação relativa maior que 100%, o tamanho de parcela com máxima informação relativa é a unidade básica (IR = 100%) à qual corresponde ao maior coeficiente de variação e, portanto, não pode ser considerada com o tamanho ótimo de parcela. Esta divergência prejudica o uso desta metodologia na estimativa do tamanho ótimo de parcela.

A Tabela 6 apresenta as diferenças verdadeiras (d) entre duas médias dos tratamentos, expressa em porcentagem da média dessas médias, para 4, 8 e 16 repetições e para os tamanhos de parcela planejados com as vinte e três determinações agrônômicas, obtidas com o método de HATHEWAY (1).

Analisando-se a Tabela 6, verifica-se que, para uma mesma área e em todas as determinações agrônômicas, o aumento do número de repetições foi mais eficiente na redução da diferença verdadeira entre duas médias do que o aumento do tamanho da parcela, concordando com STORCK & UITDEWILLIGEN (11). Correlacionando-se o Índice de heterogeneidade do solo com os respectivos valores de tamanho ótimo de parcela, para  $d = 10\%$  e 8 repetições, obteve-se um  $r^2 = 0,03$ , o que prejudica muito a credibilidade deste método, pois os valores de tamanho ótimo de parcela devem estar altamente correlacionados com o Índice de heterogeneidade do solo.

A análise das metodologias de estimativa do tamanho ótimo de parcela utilizadas, permite concluir que a melhor é o método da Máxima Curvatura Modificada (MMCMoD) de MEIER & LESSMAN (5). Analisando-se os resultados obtidos com esta metodologia, verifica-se que os valores de tamanho ótimo de parcela para as vinte e três determinações agrônômicas são muito diferentes variando entre os extremos de 1,23 UB para o número de nós a 11,28 UB para número de legumes chochos nas ramificações. Esta diferença de sensibilidade ao ambiente, que também foi

TABELA 6. Diferença entre duas médias, em percentagem da média dessas médias, para ser rejeitada a hipótese  $H_0$  pelo teste t com  $\alpha = 0,05$  e  $\beta = 0,05$ . Santa Maria, RS, 1973/74 e 1974/75.

- Continua...

Determinação*	Número de repetições	Tamanho da parcela em número de unidades básicas											
		1	2	3	4	6	9	12	18	27	36	54	81
1*	4	37	27	23	20	17	14	13	11	9	8	7	6
	8	26	19	16	14	12	10	9	7	6	6	5	4
	16	18	14	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3
2	4	23	21	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
	8	16	15	13	13	12	11	10	10	9	9	8	7
	16	12	10	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5
3	4	18	13	11	10	8	7	6	5	4	4	3	3
	8	13	9	8	7	6	5	4	4	3	3	2	2
	16	9	7	6	5	4	3	3	2	2	2	2	1
4	4	56	45	40	37	32	29	26	23	20	19	16	15
	8	40	32	28	26	23	20	18	16	14	13	12	10
	16	28	23	20	18	16	14	13	12	10	9	8	7
5	4	15	12	10	9	8	7	7	6	5	5	4	4
	8	10	8	7	7	6	5	5	4	4	3	3	3
	16	7	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2
6	4	38	31	28	26	23	20	19	17	15	14	12	11
	8	27	22	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8
	16	19	15	14	13	11	10	9	8	7	7	6	5
7	4	21	18	16	15	14	13	12	11	10	10	9	8
	8	15	13	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6
	16	10	9	8	8	7	6	6	5	5	5	4	4
8	4	21	16	14	13	11	10	9	7	6	6	5	4
	8	15	12	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3
	16	11	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	2
9	4	17	13	12	11	9	8	7	6	5	5	4	4
	8	12	10	8	7	6	6	5	4	4	3	3	3
	16	9	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2
10	4	74	54	45	40	33	28	25	21	17	15	13	11
	8	52	38	32	28	24	20	17	14	12	11	9	7
	16	37	27	23	20	17	14	12	10	9	8	6	5
11	4	11	9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	3
	8	8	6	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2
	16	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2
12	4	47	37	32	29	25	22	20	17	15	14	12	10
	8	33	26	23	21	18	16	14	12	11	10	8	7
	16	23	18	16	15	13	11	10	9	7	7	6	5
13	4	165	119	98	86	71	59	51	42	35	30	25	21
	8	117	84	70	61	50	41	36	30	25	22	18	15
	16	83	60	49	43	35	29	26	21	17	15	13	10
14	4	43	35	30	28	24	21	19	17	15	14	12	10
	8	31	24	21	20	17	15	14	12	10	10	8	7
	16	22	17	15	14	12	11	10	8	7	7	6	5
15	4	91	67	55	49	40	33	29	24	20	18	15	12
	8	65	47	39	34	28	24	21	17	14	13	10	9
	16	46	33	28	24	20	17	15	12	10	9	7	6
16	4	49	38	33	30	26	23	20	18	15	14	12	10
	8	35	27	24	21	18	16	14	13	11	10	8	7
	16	24	19	17	15	13	11	10	9	8	7	6	5

.....

TABELA 6. Continuação.....

Determinação*	Número de repetições	Tamanho da parcela em número de unidades básicas											
		1	2	3	4	6	9	12	18	27	36	54	81
17	4	46	37	32	29	26	22	20	18	16	14	12	11
	8	33	26	23	21	18	16	14	13	11	10	9	8
	16	23	18	16	15	13	11	10	9	8	7	6	5
18	4	56	44	38	34	29	25	23	20	17	15	13	12
	8	40	31	27	24	21	18	16	14	12	11	9	8
	16	28	22	19	17	15	13	11	10	9	8	7	6
19	4	51	40	35	32	28	24	22	19	17	15	13	12
	8	36	28	25	23	20	17	16	14	12	11	9	8
	16	25	20	18	16	14	12	11	10	8	8	7	6
20	4	61	45	38	34	29	24	21	18	15	14	11	10
	8	43	32	27	24	20	17	15	13	11	10	8	7
	16	30	23	19	17	14	12	11	9	8	7	6	5
21	4	69	53	45	40	34	29	28	26	18	16	14	12
	8	49	37	32	28	24	20	18	15	13	12	10	8
	16	35	26	22	20	17	14	13	11	9	8	7	6
22	4	41	35	31	29	27	24	22	20	19	17	16	14
	8	29	24	22	21	19	17	16	14	13	12	11	10
	16	20	17	16	15	13	12	11	10	9	9	8	7
23	4	35	29	27	25	22	20	19	17	15	14	13	11
	8	25	21	19	17	16	14	13	12	11	10	9	8
	16	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	6	6

\*Número da determinação conforme Tabela 1.

observada por SACCOL et alii (8) e STORCK et alii (10), permite concluir que não se deve utilizar o mesmo tamanho de parcela para estimar, com a mesma precisão, diferentes determinações agrônômicas em soja. Também deve-se ressaltar que ao se utilizar dos tamanhos ótimos de parcela, determinados no presente trabalho, com o objetivo de estimar os valores de características agrônômicas em soja, o número de plantas a ser amostrada deve ser o produto da amostra utilizada neste trabalho (20 plantas) pelo número de UB do tamanho ótimo de parcela correspondente a característica agrônômica em estudo.

## CONCLUSÕES

1. A melhor metodologia de estimativa do Índice de heterogeneidade do solo é a proposta por RAY et alii.

2. O melhor método da estimativa do tamanho ótimo de parcela é o método da Máxima Curvatura Modificada.

3. Não se deve utilizar o mesmo tamanho de parcela para estimar, com a mesma precisão, diferentes determinações agrônômicas em soja.

4. O método da Regressão Múltipla proporciona, para várias determinações agrônomicas, valores de tamanho ótimo de parcela com dimensões negativas.

5. O método da Máxima Curvatura da Função  $CV(x) = V_1 / (\sqrt{V_1 \cdot x^{b/2}})$  proporciona valores de tamanho ótimo de parcela inviáveis de utilização à campo.

6. Os métodos de HATHEWAY e da Máxima Curvatura da Função  $VU(x) = V_1/x^b$  proporcionam valores de tamanho ótimo de parcela não correlacionadas com o índice de heterogeneidade do solo.

#### LITERATURA CITADA

1. HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. *Agronomy Journal*, Madison, 53:279-280, 1961.
2. HATHEWAY, W. H. & WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. *Biometrics*, Tallahassee, 14:207-222, 1958.
3. KELLER, K. Uniformity trials on hops, *Humulus lupulus* L., for increasing the precision of field experiments. *Agronomy Journal*, Madison, 41:389-392, 1949.
4. LUGO, F. C. Tamaño de parcela experimental y su forma. *Revista Facultad Agronomía*, Maracay, 9(3):55-74, 1977.
5. MEIER, V. D. & LESSMAN, K. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. *Crop Science*, Madison, 11: 648-650, 1971.
6. PIGNATARO, I. A. B. & GONÇALVES, H. M. Estimativa de melhor tamanho de parcela para experimento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 8(2):153-159, 1972.
7. RAY, S.; SHARMA, C. B.; SHUKLA, V. Technique of estimating optimum size and shape of plot from fertiliser trial data. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*, Bangalore, 25(2):193-196, 1973.
8. SACCOL, A. V.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G.; HELDWEIN, A. B. Estudo do tamanho da amostra para determinação, em laboratório, dos componentes do rendimento e de algumas características agrônomicas da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, VII, Porto Alegre, 1979. *Contribuição do Centro de Ciências Rurais...* Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 1981. p. 43-46.
9. SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *Journal Agricultural Science*, Canberra, 28:1-23, 1938.
10. STORCK, L.; PISSAIA, A.; COLASANTE, L. O.; COSTA, A. Influência de cultivares, estádios e níveis de desfolhamento, sobre o tamanho de amostra para a avaliação de características agrônomicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 10(3):199-209, 1980.
11. 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*, Porto Alegre, 16(2):269-282, 1980.
12. THOMAS, E. J. Relationship between plot size and plot variance. *Agricultural Research Journal of Kerala*, Vellayani, 12(2):178-189, 1974.