

# VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DO CULTIVAR SOJA NO ANO AGRÍCOLA 2004/2005 EM DUAS DIFERENTES ÁREAS COMERCIAIS

JOELMIR A. BORSSOI<sup>1</sup>, MIGUEL A. URIBE-OPAZO<sup>2</sup>, JERRY A. JOHANN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno do Mestrado de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas-CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR, (0xx45) 3220-3228, e-mail: [jborssoi@unioeste.br](mailto:jborssoi@unioeste.br);

<sup>2</sup>Professor Associado, lotado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas-CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR

<sup>3</sup>Professor Colaborador, lotado no Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas-CCET, UNIOESTE, Cascavel – PR

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**RESUMO:** O presente trabalho tem por objetivo aplicar técnicas geoestatísticas para analisar a estrutura de dependência espacial de duas áreas comerciais da Produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) do cultivar soja de duas áreas distintas, mas situadas na mesma região: Oeste do Paraná. Os conjuntos de dados foram obtidos no ano agrícola de 2004/2005. Foram utilizadas técnicas geoestatísticas para o estudo da estrutura de dependência espacial, as quais fornecem resultados importantes para a confecção de mapas temáticos e são de grande importância na visualização da distribuição espacial da produtividade, além de indicarem possíveis setores com alta ou baixa produtividade. Estes resultados serão utilizados posteriormente ao estudar os atributos físico-químicos do solo, que servirá para auxiliar na Agricultura de Precisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoestatística, Variabilidade Espacial, Agricultura de Precisão

## SPATIAL VARIABILITY OF THE PRODUCTIVITY OF THE CULTIVATE SOY IN THE AGRICULTURAL YEAR 2004/2005 IN TWO COMMERCIALS AREAS

**ABSTRACT:** The present project has the objective to apply the geostatistics techniques to analyze the spatial dependence structural of two commercial areas of the soy Productivity ( $t\ ha^{-1}$ ) of the cultivate soy of two distinct areas, but situated in the same region: West from Paraná. The data sets had been collected in the agricultural year 2004/2005. Had been used geostatistics techniques to the study of the spatial dependence structural, the whiches supply important results to the confection of thematic maps and is of great importance to the visualization of the space distribution of the productivity, beyond indicating possible sectors with high or low productivity. These results will be used later when to study the components physicist-chemical of the soil, that it will serve to assist in the Precision Agriculture.

**KEYWORDS:** Geoestatistics, Spatial Variability, Precision Agriculture

**INTRODUÇÃO:** Um dos fundamentos da geoestatística é levar em consideração a distribuição espacial das variáveis georeferenciadas, pela ‘Teoria das Variáveis regionalizadas’. Esta característica permite definir o raio de dependência espacial entre diferentes amostras. Os semivariogramas e a interpolação através da Krigagem Ordinária são técnicas de grande importância para o estudo da

variabilidade espacial. O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas geoestatísticas para analisar a estrutura de dependência espacial de dois conjuntos de dados referentes à Produtividade do cultivar soja, de duas áreas comerciais distintas, localizadas na mesma região. A partir da construção dos mapas temáticos pode-se avaliar e obter conclusões a respeito da distribuição espacial da variável em estudo, para possíveis aplicações diferenciadas de insumos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento iniciou-se no ano de 2004, sendo conduzido pelos pesquisadores do LEA (Laboratório de Estatística Aplicada) da UNIOESTE - Cascavel em duas áreas comerciais, uma de 47 ha e de 57 ha, localizadas na região Oeste do Paraná. A área de 47 ha, cultivada com a variedade de soja CD 202, foi dividida em 48 parcelas, com uma grade amostral de 100 x 100 m. Já a área de 57 ha, cultivada com a variedade de soja CD 216, foi dividida em 66 parcelas, com uma grade amostral de 75 x 75 m. A produtividade foi estimada levando-se em consideração a quantidade de soja colhida de dez plantas de cada parcela, distribuídos em duas fileiras e ao longo de dez metros de comprimento. Todas as parcelas foram georeferenciadas com o sistema de posicionamento global (GPS). Na seqüência, os dados foram estudados inicialmente de forma descritiva e posteriormente estudada a estrutura de dependência espacial através de técnicas geoestatísticas, aplicando-se como principais técnicas os semivariogramas e krigagem. Utiliza-se o estimador de MATHERON (1963), caso o conjunto de dados amostrais apresente distribuição de probabilidade normal, assim a dependência espacial dos mesmos pode ser muito bem calculada por meio do estimador da semivariância de Matheron segundo a Equação 1:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(s_i)} - Z_{(s_i+h)}]^2 \quad (1)$$

onde:

$N(h)$ : Número de pares medidos  $Z_{(x_i)}$ ,  $Z_{(x_i+h)}$ , separados por um vetor de distância  $h$ ;

$Z_{(s_i)}$ : Variável aleatória em estudo na  $i$ -ésima posição.

Caso o conjunto de dados não apresente distribuição de probabilidade normal, a dependência espacial dos dados amostrais é mais bem calculada utilizando-se o estimador de CRESSIE & HAWKINS (1980), segundo a Equação 2:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \frac{\left[ N(h)^{-1} \sum_{i=1}^{N(h)} \sqrt{|Z_{(s_i+h)} - Z_{(s_i)}|} \right]^4}{0,457 + \frac{0,494}{N(h)}} \quad (2)$$

As análises foram realizadas utilizando o *software* estatístico R (IHAKA, R. & GENTLEMAN, R., 1996) com o módulo geoestatístico geoR (RIBEIRO JUNIOR & DIGGLE, 2001), inclusive para gerar os mapas temáticos da distribuição espacial. O *software* estatístico e o módulo geoestatístico são de livre distribuição.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** Na Tabela 1, é apresentada a análise descritiva dos valores da Produtividade da área de 47 ha (Produtividade AR1) e da Produtividade da área de 57 ha (Produtividade AR2). Observa-se uma homogeneidade média dos dados da variável Produtividade AR2, porém os dados da Produtividade AR1 não apresentaram-se homogêneos (CV acima de 20%). (GOMES, 2000).

TABELA 1: Análise estatística descritiva da Produtividade AR1 e da Produtividade AR2.

Variável	Produtividade AR1 (t ha <sup>-1</sup> )	Produtividade AR2 (t ha <sup>-1</sup> )
Nº de observações	48	66
Média	1,87	3,22
Mediana	1,79	3,19

Desvio Padrão	0,46	0,376
CV (%)	24,57	11,70
1º Quartil	1,65	2,95
3º Quartil	2,11	3,49
Valor Mínimo	0,96	2,09
Valor Máximo	3,97	4,09
p-valor*	<0,05	>0,05

CV- coeficiente de variação.

\*Teste de normalidade de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de significância.

Pode-se observar ainda que, apesar das áreas pertencerem à mesma região, há uma grande diferença entre as médias de produção de cada área.

Na Tabela 2, são apresentados os modelos ajustados para a variável Produtividade. No ajuste do semivariograma para a variável Produtividade AR1 optou-se pelo estimador de Cressie & Hawkins (1980), já que os dados não apresentaram distribuição normal de probabilidade. Já para a variável Produtividade AR2 foi utilizado o estimador de Matheron (1963), visto que o conjunto de dados apresentou normalidade, segundo o teste de Shapiro-Wilks, ao nível de 5% de significância. O modelo ajustado para Produtividade AR1 foi o Esférico, para o método de Mínimos Quadrados Ponderados, diretamente proporcionais ao número de pares (WLS1), com um raio de dependência espacial de 300 m. Para a variável Produtividade AR2 também foi ajustado o modelo Esférico e com método WLS1, mas com um raio de dependência espacial de 400 m. Observa-se ainda que ambas as variáveis obtiveram uma média dependência espacial, segundo o Coeficiente de Efeito Pepita Relativo –  $0,25 < E < 0,75$  - (SOUZA, et al, 1999).

TABELA 2: Modelos ajustados e parâmetros para os valores da Produtividade AR1 e Produtividade AR2.

Variável	Estimador	Modelo	Efeito	Patamar	Alcance	E*
			(C0)	(C=C0+C1)	(m)	C0/C
Produtividade AR1	Cressie&Hawkins	Esférico	0,10	0,15	300	0,66
Produtividade AR2	Matheron	Esférico	0,08	0,16	400	0,50

\* E- Coeficiente de Efeito Pepita Relativo.

\*\* Utilizou-se o método Mínimos Quadrados Ponderados-WLS1

Na FIGURA 1 são apresentados os semivariogramas experimentais ajustados.

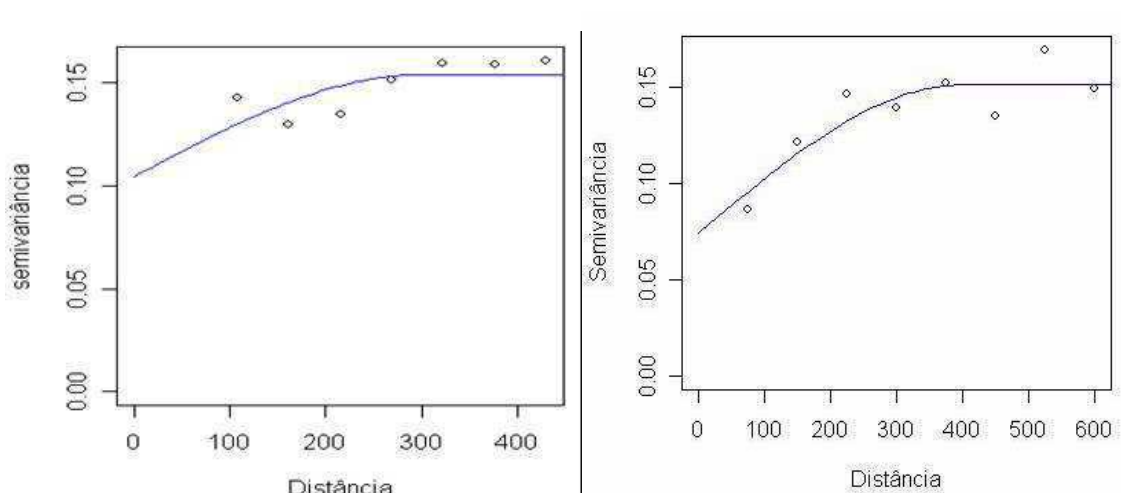
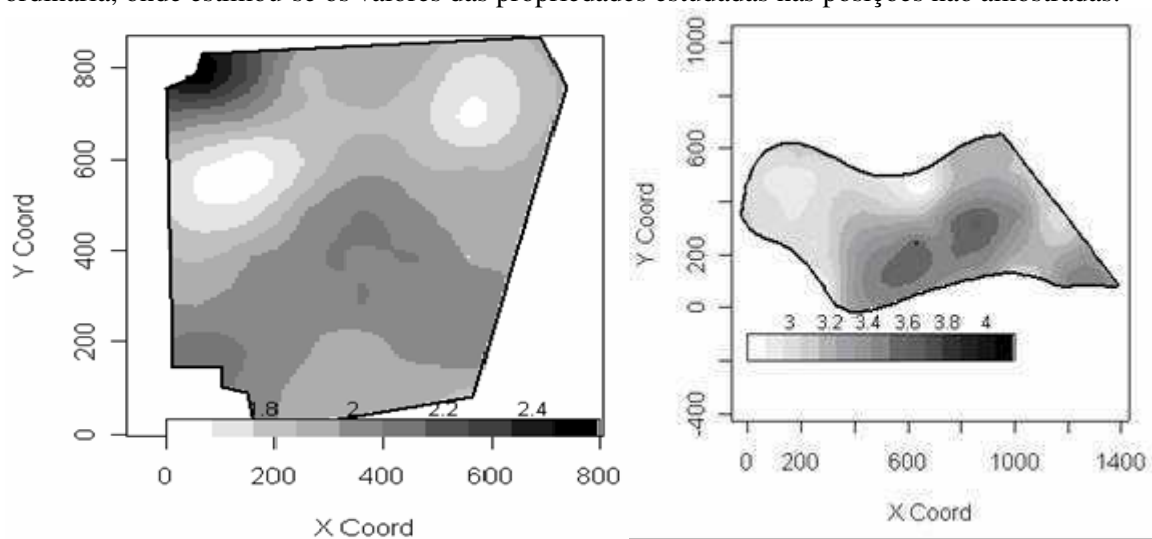


FIGURA 1: Semivariogramas ajustados para a variável Produtividade AR1 e Produtividade AR2.

Na FIGURA 2, são apresentados os mapas de contorno obtido por meio da interpolação por krigagem ordinária, onde estimou-se os valores das propriedades estudadas nas posições não amostradas.



**FIGURA 2: Mapas temáticos da variável Produtividade AR1 e Produtividade AR2.**

**CONCLUSÕES:** A partir da análise geoestatística dos dados e da geração dos mapas temáticos, pode-se avaliar a variabilidade espacial da Produtividade do cultivar soja, estudada nas diferentes áreas comerciais. A importância deste estudo está no fato de se poder visualizar através dos mapas qual o comportamento espacial da produtividade nas áreas de experimento, pode-se também estudar a produtividade de forma mais setorial. Além disso, foi possível verificar a importância do uso das técnicas geoestatísticas nas análises de dados desta natureza, auxiliando no desenvolvimento da Agricultura de precisão.

**AGRADECIMENTOS:** À Fundação Araucária do Paraná e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq, pelo apoio financeiro e à COODETEC pelo apoio Técnico.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

GOMES, P. Curso de Estatística Experimental. 14. ed. Piracicaba: Esalq, 2000. 477 p.

IHAKA, R.;GENTLEMAN, R; R: A language for data analysis and graphics., Journal of Computational and Graphical Statistics. 5(3): 229 – 314, 1996.

ISSAKS, E. H.; SRIVASTAVA, An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press., 1989, 561p.

RIBEIRO JUNIOR, P. J; DIGGLE, P.J. geoR: A package for geostatistical analysis. R\_NEWS, v.1, n 2, 1609-1631, 2001.

SOUZA, E. G.; JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; RIBEIRO, S. R. A.; SILVA, M. S.; URIBE-OPAZO, M. A.; OLIVEIRA, E. F.; NÓBREGA, L. H. P. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em um latossolo roxo distrófico da região de Cascavel-Pr. In: Revista da Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. v.18, n.3, Jaboticabal-SP, p.80-92, 1999.