

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DE TRIGO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

GUSTAVO H. DALPOSSO¹, PHABLO MARIA², MIGUEL A. U. OPAZO³, JERRY A. JOHANN⁴

1 Graduando em Matemática, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE, Cascavel, PR. Grupo de Pesquisa GGEA. Telefone: (0xx45)-32203228, E-mail: gustavodalposso@hotmail.com

2 Engenheiro Agrícola. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UNIOESTE, Cascavel, PR.

3 Estatístico, Prof. Associado, Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) da UNIOESTE, Grupo de Pesquisa GGEA, Cascavel, PR.

4 Engenheiro Agrícola, Prof. Assistente, Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET) da UNIOESTE, Grupo de Pesquisa GGEA, 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: No estudo das variáveis regionalizadas a geoestatística é um método de análise para problemas aonde os dados são georreferenciados. Este trabalho teve como objetivo verificar a validade das informações do mapa temático de produtividade da cultura do trigo gerado pelo uso de técnicas de interpolação por krigagem ordinária. Para isto a área de pesquisa de 13,7 ha foi dividida em nove talhões que foram colhidos mecanicamente e pesados separadamente. Os resultados foram comparados com o mapa de produtividade obtido de uma amostra georreferenciada de 50 pontos obtidos de uma grade amostral de 50x50 m e técnicas geoestatísticas. O valor da produção total de grãos calculado pelo mapa gerado pelas amostras foi de 1,6% maior que a produção total medida pelo método de pesagem, mostrando que a interpolação por krigagem ordinária foi um excelente método para estimar a produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, agricultura de precisão, semivariograma.

SPATIAL VARIABILITY ANALYSIS OF WHEAT PRODUCTIVITY ON PLANTATION DIRECT SYSTEM

ABSTRACT: In the study of regionalized variables the geostatistics is an analysis method for problems where the data are georeference. This work had as objective to verify the validity information of the productivity thematic map of wheat culture generated for the use of ordinary kriging interpolation techniques. For this the seek area of 13,7 ha was divided in nine parts that they had been harvested mechanically and weighed separately. The results had been compared with the obtained productivity map of one georeference sample of 50 points obtained of one 50x50 m sample grid and geostatistics techniques. The total production value of grains calculated in the generated map for samples it was of 1,6% greater that the total production measured by the measured by weighing method, showing that the ordinary kriging interpolation it was an excellent method for esteem the productivity.

KEY WORDS: geostatistics, precision farming, semivariogram.

INTRODUÇÃO: Em algumas áreas agrícolas comerciais, devido ao fato do produtor desconsiderar a estrutura de dependência espacial da cultura e dos atributos físico-químicos do solo, uma grande quantidade de insumos é utilizada, ocasionando um excesso dos mesmos, provocando despesas desnecessárias e em algumas situações uma saturação nas áreas de plantio. O objetivo deste trabalho foi comparar métodos alternativos para o mapeamento da produtividade da cultura de trigo a fim de verificar a validade das informações do mapa gerado através de interpolação por krigagem ordinária. O conhecimento da variabilidade espacial é fundamental para que se possa descrever e compreender o comportamento de determinada cultura. Para CRESSIE (1991) a não consideração da variabilidade espacial pode impedir que diferenças reais sejam levantadas. Segundo BROOS et al., (1998), e STAFORD et al., (1998) os mapas de produtividade permitem visualizar a variabilidade dos fatores de produção e da produtividade das culturas. As análises destes mapas possibilitam decisões de manejo localizado sobre irrigação e drenagem, plantio, aplicação localizada de sementes, herbicidas e defensivos agrícolas (SEARCY, 2000; SCHUELLER & WHITNEY, 2000). Na análise geoestatística é comum o uso de semivariogramas para descrever a estrutura de dependência espacial das variáveis

regionalizadas. O estimador clássico do semivariograma, também dito estimador de Matheron, vem sendo utilizado na literatura no caso dos dados que apresentem uma distribuição gaussiana de probabilidade. A escolha de um modelo teórico de semivariograma apropriado não é um procedimento automático e requer um bom julgamento baseado na experiência (McBRATNEY & WEBSTER, 1986). A interpolação por krigagem está fortemente associada ao modelo de semivariograma teórico ajustado.

MATERIAL E MÉTODOS: O procedimento inicial deste trabalho foi realizar o levantamento planimétrico da área com uso de aparelho receptor GPS para definir os talhões e divisões dos mesmos. A área experimental compreende um campo de produção de grãos com 13,7 hectares de extensão, localizada no município de Salto do Lontra – PR, cujas coordenadas são latitude -25°51'13,61792'' e longitude -53°21'35,38390''. Na época da coleta de dados o talhão estava sendo cultivado com trigo variedade IAPAR 78. Para que a estimação da produtividade pudesse ser avaliada com maior precisão, a área foi dividida em nove talhões denominados de 'A' á 'I', os quais foram colhidos mecanicamente e pesados separadamente, de modo a obter a produção por talhão. A segunda etapa foi definir uma grade amostral de 50 × 50 m obtendo na área em estudo 50 posições georreferenciadas, no período de um a três dias que antecediam a colheita do trigo. Nos pontos de amostragem, foram coletadas as parcelas de trigo. Estas amostras foram trilhadas de forma manual, pesadas e posteriormente transformadas em t ha⁻¹. Com os valores obtidos na amostra uma análise descritiva foi realizada com objetivo de fazer uma identificação inicial do comportamento dos dados. Para avaliar a hipótese de que os dados são oriundos de uma população com distribuição gaussiana, foi realizado no software Minitab o teste de normalidade de Anderson-Darling. Uma análise descritiva espacial foi feita com a intenção de ter-se um indicativo do comportamento dos dados agora associando-os às suas posições na região amostrada. Para avaliar a variabilidade espacial da produtividade de trigo na área experimental para várias distâncias h foi utilizado o estimador “clássico” de Matheron designado pela expressão: $\gamma(h) = (1 / 2 * (N(h)) * \sum_{N(h)} [z(s_i + h) - z(s_i)]^2$, em que: z(s_i) é o valor da variável no ponto s_i, z(s_i + h) é o valor da variável no ponto s_i + h e N(h) é o número de pares separados a uma distância h. Como o variograma real da produtividade é desconhecido, necessita-se de um semivariograma teórico de referência que melhor se ajuste ao variograma experimental, de modo que a partir do modelo teórico, possam ser feitas inferências sobre o variograma verdadeiro. Com o auxílio do software Geocac, após vários ajustes preliminares, o modelo escolhido foi o esférico, que tem a forma: $\gamma(h) = C_0 + C_1 * [(3/2) * (h/a) - (1/2) * (h/a)^3]$, para 0 < h ≤ a e $\gamma(h) = C_0 + C_1$, para h ≥ a aonde: C₀ é o efeito pepita, C₁ é a contribuição e a é o alcance. Para construção do mapa temático da produtividade do trigo, foi realizada no software Surfer uma interpolação por krigagem ordinária utilizando a estrutura de dependência espacial obtida no ajuste do modelo. As áreas dos talhões e suas divisões foram calculadas no Surfer utilizando seu Scripiter.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta a análise descritiva da produtividade de trigo das amostras. A média de produtividade encontrada foi 1,31 t ha⁻¹ e pode ser considerada baixa pois o Paraná é o segundo maior produtor do país, com uma colheita de 10,6 milhões de toneladas na safra 2003/2004 e registrou um índice de produtividade média de 2,82 t ha⁻¹ nos últimos cinco anos. O coeficiente de variação dos dados foi de 41,4% e indica alta heterogeneidade. Pelo teste de Anderson-Darling obteve-se o p-valor = 0,102, portanto, aceita-se a hipótese dos dados possuírem distribuição de probabilidades Gaussiana ao nível de significância de 5%.

Tabela 1- Estatística descritiva da produtividade de trigo (t ha⁻¹)

Média	1,31
Mediana	1,32
Desvio Padrão	0,54
Variância	0,29
Mínimo	0,30
Máximo	2,40
Q1	0,88
Q3	1,64
Coeficiente de variação (%)	41,4

Os parâmetros obtidos pelo ajuste do semivariograma teórico ao experimental foram: $C_0 = 0,053$; $C_1 = 0,300$ e $a = 234,25m$. A Figura 1 apresenta o variograma ajustado e experimental da produtividade de trigo.

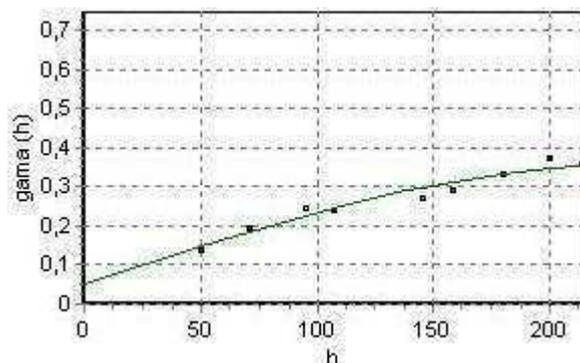


Figura 1 – Variograma ajustado e experimental da produtividade de trigo.

A Figura 2 (a) representa o mapa temático da produtividade do trigo na área experimental obtido por krigagem sobreposto com o mapa que representa os nove talhões. A área cinza nos mapas é inaproveitável para o cultivo e foi desconsiderada. Teoricamente, a soma das produções calculadas utilizando o método da krigagem, por meio das linhas de produtividade e suas respectivas áreas de abrangência em cada talhão, deve ser igual à produção total de cada talhão colhida pela colhedora. Na Figura 2 (b) tem-se o primeiro talhão representado pelas suas áreas parciais. A produção parcial é obtida pelo produto de cada área pelo valor médio de produtividade de suas faixas dadas em $t\ ha^{-1}$.

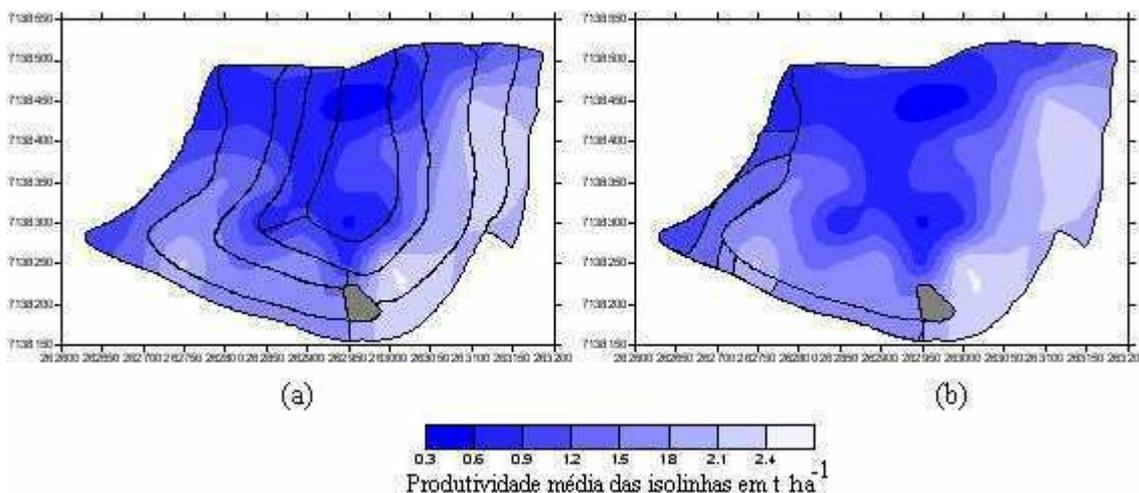


Figura 2 – (a) Mapa da produtividade gerado por krigagem ordinária com os nove talhões e (b) Primeiro talhão e suas áreas parciais.

Os cálculos da produção medida pelo método de pesagem e da produção estimada por métodos geostatísticos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Produções de trigo calculadas e estimadas em toneladas

Talhão	Produção medida	Produção estimada	Diferença
A	2,28	2,22	0,06
B	3,00	3,24	0,24
C	1,80	1,48	0,32
D	1,02	0,64	0,38
E	1,31	1,40	0,09
F	1,62	1,76	0,14
G	3,30	3,26	0,04
H	2,70	3,33	0,63
I	1,46	1,47	0,01
Total	18,49	18,80	0,31

A produção total calculada pelo mapa temático de produtividade foi levemente superior (18,8 t ha⁻¹) à produção colhida pela colhedora automotriz (18,49 t ha⁻¹). Assim, pode-se dizer que o método geostatístico utilizado superestimou o valor total, porém o acréscimo foi muito pequeno, pois a diferença dada em porcentagem, entre a produção total calculada pelo método da amostragem e a produção real pesada foi de 1,6%.

CONCLUSÕES: O valor da produção total de grãos calculado pelo mapa gerado por krigagem em posições georreferenciadas superestimou a produção total, neste caso em 1,6%. Como parte deste erro pode ser explicada pela utilização dos valores médios das isolinhas para o cálculo das áreas parciais, e pelo uso da geoestatística com 50 amostras, pode-se dizer que a interpolação por krigagem foi um excelente método para estimar a produtividade considerando o número de amostras.

LITERATURA CITADA:

BROOS, B.; MISSOTEN, B.; REYBROUCK, S.; BAERDEMAEKER, J.D. **Mapping and interpretation of sugar beet yield differences**. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. Proceedings of the fourth international conference on precision agriculture. St. Paul: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p.171-181. 1998.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York, John Wiley, 1991. 900p.

FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná – Assessoria de Comunicação Social, 18/04/2005. Disponível em: http://www2.faep.com.br/noticias/exibe_noticia.php?id=498
Acesso em 03 de fevereiro de 2006.

GUERRA, P.A.L. **Geoestatística Operacional**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1998. 145p.

MCBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sample estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, 37: 617-39, 1986.

RIBEIRO JR, P. J. **Métodos Geoestatísticos no Estudo da Variabilidade Espacial de Parâmetros do Solo**. Piracicaba, 1995. 99p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP.

SCHUELLER, J.K.; WHITNEY, J.D. **Precision agriculture for fruit trees**. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. Agricultura de precisão. Viçosa: UFV. p.321-338. 2000.

SEARCY, S.W. **Agricultura de precisão: um desafio para a educação continuada**. In: BALASTREIRE, L.A. O estado da arte da agricultura de precisão no Brasil. Piracicaba: L.A. Balastreire, p.17-24. 2000.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. Portugal, Lisboa. IST Press.

STAFORD, J.V; LARK, R.M.; BOLAM, H.C. **Using yield maps to regionalize fields into potential management units**. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H.; LARSON, W.E. Proceedings of the fourth international conference on precision agriculture. St. Paul: American Society of Agronomy, Crop Science society of America, Soil Science Society of America. p. 225-237. 1998.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: LTC. p.1-59. 1999.