

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

DANILO GOMES DE OLIVEIRA¹, ELTON FIALHO DOS REIS², VANDOIR HOLTZ³
ALEXANDRE TORRECILHA SCAVACIVI⁴, BEETHOVEN GABRIEL XAVIER ALVES⁵

¹ Graduando em Eng. Agrícola, PIBIC/CNPq-AF, UnUCET/UEG, Anápolis (GO) –danilogomes.engenharia@gmail.com

² Professor do Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO).

³ Professor do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade do Estado do Mato Grosso, campus Nova Xavantina (MT).

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola, PIBIC/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO)

⁵ Mestrando de Engenharia Agrícola, PIBIC/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO).

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: Os mapas de produtividade podem ser utilizados como uma ferramenta de investigação das causas da variabilidade, bem como um recurso eficaz nas decisões sobre manejo do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial e temporal da produtividade da cultura da soja sob plantio direto em três safras e correlacionar com a condutividade elétrica aparente do solo (CEa). A produtividade foi avaliada nas safras de 2011/12, 2012/13 e 2013/14 com a coleta de todas as plantas em 1 m² em gride amostral de 60X60 m, totalizando 126 pontos e levadas ao laboratório para então determinar a produtividade. A leitura da CEa foi medida na profundidade de 0,00 à 0,20 m, com três repetições por ponto do gride, utilizando um sensor portátil logo após a semeadura da safra de 2012/13. A variabilidade espacial dos dados foi analisada pela geoestatística e estatística descritiva. A dependência espacial foi avaliada com a utilização do software GS+, versão 7. Os resultados da produtividade em cada safra e a resistividade elétrica mostraram forte dependência espacial explicado pelo modelo Exponencial. Não houve nenhuma tendência de correlação da produtividade entre as safras uma mesma variabilidade nos anos seguintes.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, produtividade e Variabilidade Espacial.

SPATIAL VARIABILITY AND TIME OF SOYBEAN YIELD UNDER-tillage

ABSTRACT: The yield maps can be used as a tool for investigating the causes of variability, as well as an effective resource in decisions about land management. The objective of this study was to evaluate the spatial and temporal variability in productivity of soybean under no-tillage in three seasons and correlate the apparent soil electrical conductivity (EC_w). Productivity was assessed harvests in 2011/12, 2012/13 and 2013/14 with the collection of all plants in 1 m² in gride sample of 60X60 m, totaling 126 points and then taken to the laboratory to determine productivity. The reading of EC_w was measured at a depth of 0.00 to 0.20 m, with three replicates per point gride using a portable sensor in the 2012/13 harvest. The spatial variability of the data was analyzed by descriptive statistics and geostatistics. Spatial dependence was assessed using the GS + software, version 7. The results of productivity in each crop and electrical resistivity showed a strong spatial dependence explained by the exponential model. There was no trend of correlation between productivity yields the same variability in subsequent years.

KEYWORDS: Geostatistics, productivity and Spatial Variability

INTRODUÇÃO: A geoestatística vem se tornando uma alternativa de grande utilidade na agricultura de precisão e na ciência do solo para estudar a variabilidade de suas características e propriedades (Bottega et al., 2013). Os métodos geoestatísticos conseguem integrar o aspecto espacial com o aspecto aleatório ou probabilístico. A geoestatística aplicada tem por objetivos identificar, uma medida de correlação espacial entre os atributos, estudar modelos e então realizar estimativas de valores de

locais não amostrados com base em alguns valores existentes, utilizando a técnica na qual é denominada Krigagem.

Desta forma a variabilidade espacial e temporal da produtividade foi investigada pela análise de um conjunto de mapas da cultura da soja, durante três anos, em uma área comercial manejada sob sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizada em uma área comercial de 67 ha, localizada no Município de Anápolis, situada nas coordenadas geográficas longitude 48°42'23"LO e latitude 16°22'44"LS, com altitude média de 1040 m. Esta área tem seu solo caracterizado como **Latossolo Vermelho-Escuro** e com topografia com baixa declividade. A semeadura da soja sempre foi realizada entre os meses de outubro e novembro com exceção da safra de 2013/14 semeada no mês de dezembro. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é do tipo tropical alternadamente úmido e seco (Aw), temperatura média entre 19°C e 28°C, pluviosidade média inferior a 2000 mm/ano. Foi construída uma malha amostral regular de 60mx60m, totalizando 126 pontos, sendo que cada ponto foi georreferenciado, onde foram coletadas amostras de produtividade nas safras de 2011/12, 2012/13, 2013/14, argila e resistividade elétrica do solo. Para a determinação da produtividade nas respectivas safras foram feitos a coleta de todas as plantas em uma área de 1 m², que após trilhadas tiveram a massa de grãos pesadas e extrapoladas para Kg.ha⁻¹, sendo considerada a umidade de 10 % bu para todos os pontos amostrados. A resistividade elétrica (REa) do solo foi determinada logo após a semeadura da cultura da soja no ano de 2012/13, com a utilização do medidor portátil ERM-02 de fabricação da *Landviser*. Para realização do presente trabalho foi utilizada a configuração da *Matriz de Wenner*, com espaçamentos de 0,20m entre eletrodos. Para construção da estrutura de suporte dos eletrodos foram utilizados tubos de ferro, parafusos de aço para os eletrodos e fios flexíveis em cores diferentes para eletrodos de corrente e eletrodos usados na determinação da diferença de potencial (VALENTE, 2010). Sendo determinado em cada ponto da malha três repetições utilizando a *matriz de Wenner*. No momento da aquisição dos dados, a umidade do solo encontrava-se em condições de boa friabilidade. A estatística descritiva foi realizada pelo software GS+. A análise da dependência espacial da condutividade elétrica do solo produtividade e argila foram avaliadas pela geoestatística, os procedimentos para ajuste do modelo e semivariograma foram feitos utilizando o programa GS+ versão 7, já a correlação existente foram realizadas utilizando o Software SAS Versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os parâmetros avaliados apresentaram coeficiente de variação acima de (>10%), sendo alto para as safras de 2011/12, 2013/14, resistividade elétrica e média para safra de 2012/13 e argila segundo classificação de GOMES (2000). Verificou-se por meio das medidas dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) que a resistividade elétrica possui um elevado desvio padrão consequentemente um elevado CV % podendo ser explicado pelo número de repetições, tamanho do gride e heterogeneidade da área. Os valores da média e mediana estão próximos, indicando distribuição simétrica dos dados (Tabela 1) apresentando a normalidade. A curtose apresentou valores não muito altos, sendo, portanto, leptocúrtica para todos os parâmetros estudados. Observa-se que a safra de 2013/14 apresentou menor produtividade que nas safras anteriores, 11 e 15 % respectivamente, podendo ser explicado pelo déficit hídrico ocorrido nos meses de enchimento de grão na região. Dados semelhantes foram encontrados por Amado, et al. (2007), na safra de soja de 2003/04, onde ele atribui a queda ao déficit hídrico na região.

TABELA 1. Parâmetros estatísticos descritivos para produtividade, resistividade elétrica e Argila.

Parâmetros	Produtividade 2011/12	Produtividade 2012/13	Produtividade 2013/14	Resistividade Elétrica	Argila
Nº Amost.	126	126	126	126	126
Média	3.627	3.82	3.21	64.87	298
Mínimo	1.352	2.69	1.45	1.03	230
Máximo	6.806	5.14	5.39	758	350
Mediana	3.548	3.79	3.13	14.00	300
Assimetria	0.972	0.29	0.34	3.20	-0.67
Curtose	2.765	0.02	0.13	11.28	0.09
D.Padrão	0.819	0.48	0.78	128.43	30.36
C.V.(%)	0.23	0.13	0.25	1.97	0.11

C.V- Coeficiente de variação;

A análise de correlação entre os diferentes anos de produtividade não foram significativas (Tabela 2) podendo ser explicada por se tratar de cultivares diferentes, com adaptação distinta as característica do solo na área. Foi verificado uma correlação positiva de 21,8% da resistividade elétrica com a produtividade da safra de 2012/13. Houve uma correlação negativa da produtividade da safra 2013/14 com as demais safras, podendo ser explicada pela correlação existente com o teor de argila nesta região ou até mesmo o déficit hídrico ocorrido neste ano.

TABELA 2. Correlação de person para produtividade, condutividade elétrica e Argila.

Parâmetros	Produtividade 2011/12	Produtividade 2012/13	Produtividade 2013/14	Argila
Condutividade Elétrica	0.065	0.218*	0.080	0.108
Produtividade 2011/12	1	0.103	-0.075	0.102
Produtividade 2012/13		1	-0.074	-0.067
Produtividade 2013/14			1	-0.214*

*significativo a 5 %.

A variabilidade espacial da produtividade em todas as safras e os demais atributos avaliados expressou dependência espacial classificada como forte, segundo o proposto por Cambardella et al. (1994), com valores de alcance que variaram de 14 a 58 m (Tabela 3). A dependência espacial foi semelhante à encontrada por Milani et al.(2006). O alcance é importante para a interpretação dos semivariogramas, por indicar a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, ou seja, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance, são mais semelhantes entre si, do que os separados por distâncias maiores (Carvalho et al., 2002). Ainda segundo Carvalho (2002) para se garantir uma boa dependência espacial, as coletas dos dados deveriam ser amostrados a uma distância equivalente à metade do alcance.

TABELA 3. Modelos teóricos do semivariograma ajustados para a produtividade, resistividade elétrica e argila.

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	A	R ²	RSS	IDE
Produtividade 2011/12	Exponencial	0.001	0.614	40	0.415	0.01	0.998
Produtividade 2012/13	Exponencial	0.036	0.218	32	0.290	1.10 ⁻³	0.993
Produtividade 2013/14	Exponencial	0.044	0.597	58	0.727	7.10 ⁻³	0.926
Resistividade Elétrica	Exponencial	790.00	15920.00	31	0.117	6.10 ⁶	0.950
Argila	Exponencial	53.00	897.80	14	0.002	1.10 ⁴	0.941

Co – efeito pepita; Co+ C1 – patamar; a – alcance (m); IDE = $(1-Co/(Co+ C1))$ – índice de dependência. IDE – Grau de dependência espacial (forte >0.75; moderada 0.25 a 0.75 e fraco < 0.25) segundo classificação proposta por cambardella et al. (1994).

Com os modelos ajustados ao Semivariograma experimental e pela análise geoestatística realizou-se a elaboração dos mapas de contorno para os parâmetros (Figuras 1). A análise dos mapas de contorno consistiu na verificação da distribuição espacial dos parâmetros do talhão estudado, obtidos pelo programa GS+ versão 7.0. Ao analisar os mapas de produtividade dos três anos, foi possível notar uma variabilidade espacial aleatória da produtividade nas áreas de estudo, sugerindo possíveis compensações de acordo com variações climáticas entre os anos. Molin (2002), ao avaliar um conjunto de quatro safras de culturas de grãos, em São Paulo, também concluiu que o milho apresentou maior estabilidade na variabilidade espacial do que a soja.

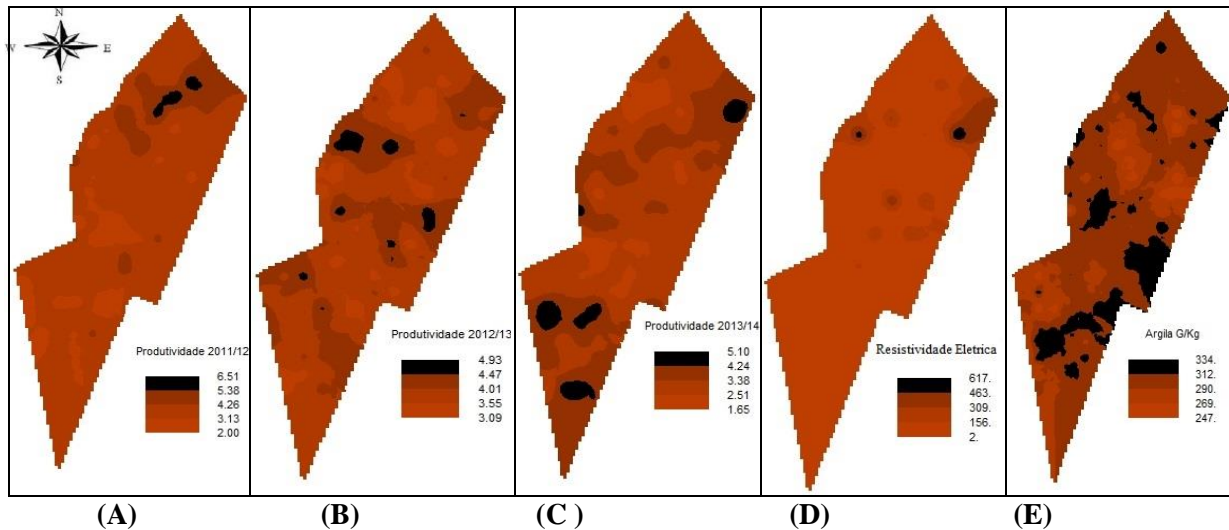


FIGURA 1. (A) Mapa de contorno para a produtividade 2011/12. (B) Mapa de contorno para a produtividade 2012/13. (C) Mapa de contorno para a produtividade 2013/14. (D) Mapa de contorno para a resistividade elétrica aparente do solo. (E) Mapa de contorno para a argila.

CONCLUSÕES: Houve variação espacial para todos os atributos conforme modelo exponencial. Houve dependência espacial forte para todos os anos de produtividade, resistividade elétrica e Argila. Não houve correlação na produtividade entres as safras avaliadas.

REFERÊNCIAS

- BOTTEGA, E. L.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T.; SOUZA, C. M. **A.Variabilidade espacial e temporal da produtividade de soja no Cerrado brasileiro.** Revista Agrarian - Dourados, v.6, n.20, p.167-177, 2013.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B; KARLEN, D. L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. **Field-scale variability of soil properties in Central IowaSoils.** Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. **Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data.** New York: John Wiley, 1991. 900p.
- MILANI, L. SOUZA, E. G. de; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. **Unidades de manejo a partir de dados de produtividade.** Acta Scientiarum Agronomy. v. 28, p. 591-598, 2006.
- MOLIN, J. P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade.** Engenharia Agrícola, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v.22, n1, p. 83-92. 2002.
- PIERCE, F. J.; ANDERSON, N.W.; COLVIN, T.S.; SCHUELLER J.K.; HUMBURG, D.S.; McLAUGHLIN, N. B. **Yield mapping. In The site-specific management for agricultural systems** Madison:ASA-CSSA-SSSA, 1997. p. 211-243.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14 ed. Piracicaba, 2000, 477p.
- VALENTE, D. S. M. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para definir zonas de manejo em cafeicultura de precisão.** Viçosa, 2010, 104p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 2010.