



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA SOJA SOB DOIS SISTEMAS DE CULTIVO NO CERRADO.¹

José Marcílio da Silva²; Julião Soares de Souza Lima³; Lúcio Bastos Madeiros⁴;
Andreia de Oliveira Vieira⁵

RESUMO

A geoestatística constitui importante ferramenta na análise e na descrição da variabilidade das propriedades do solo. Os mapas de produtividade são considerados uma excelente ferramenta para a análise do desempenho agrícola em nível de propriedade. Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da produtividade da soja em plantio direto e preparo convencional. O experimento foi conduzido em dois talhões, em pontos de amostragem definidos segundo uma malha regular com dimensão de 40 x 55 m, totalizando 44 pontos espaçados 5 m. Análises estatísticas e geoestatística foram realizadas a fim de avaliar a variabilidade espacial e a presença de dependência espacial. A produtividade da soja não apresentou dependência espacial em nenhum dos sistemas de manejo. O manejo no preparo convencional foi decisivo no aumento da produtividade da soja em relação ao plantio direto.

Palavras-chave: geoestatística; dependência espacial; manejo do solo.

SPATIAL VARIABILITY OF SOYBEAN YIELDS UNDER TWO SYSTEMS CROPPING IN SAVANNAH.

ABSTRACT

The geostatistics is an important tool in analysis and description of soil variability properties. The maps of productivity are considered an excellent tool for analysis of performance at the level of agricultural property. Objective was to analyze the spatial yield variability of soybean in no-tillage e conventional-tillage. The experiment was carried out in two plots in sampling points defined accordingly to grid with dimension of 40 x 55 m, totaling 44 points spaced 5m. Statistical and geostatistical analysis were performed to monitor the range of spatial variability and spatial dependence. Soybean yield didn't present spatial dependence in none systems. The management in conventional-tillage was decisive in increase the yield of soybean in relation to no-tillage.

Key-words: geostatistic; spatial dependence; management soil.

Trabalho recebido em 06/04/2009 e aceito para publicação em 13/05/2009.

¹ Parte da Dissertação do Primeiro Autor apresentado ao PPGPV, CCA-UFES, Alegre-ES;

² Prof^o M.Sc. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPE), Campus Barreiros, CEP 55560-000, fone: (81) 3675-2111. e-mail: marciliocilo@yahoo.com.br;

³ Prof^o Dr. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre – ES. e-mail: juliaosslima@cca.ufes.br;

⁴ Prof^o Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFTO), Campus Araguatins. fone: (63) 8831-3906. E-mail: lucioagron@gmail.com;

⁵ Eng^a Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFMT), Campus Campo Novo do Parecis. fone: (65) 9904-4962. e-mail: andreiaagronomia@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Desde a sua introdução no Brasil a soja (*Glycine max* (L.) Merrill), uma das espécies cultivadas mais antiga do mundo, tem sido conduzida com alto nível tecnológico em todas suas operações, constituindo-se em uma “commodity” de grande importância comercial para o desenvolvimento da agricultura brasileira, sendo cultivada em todas as regiões.

O Cerrado ocupa quase toda área do Brasil central, com aproximadamente 200 milhões de hectares, em sua maior parte, na região Centro-Oeste. A maioria dos solos sob vegetação de cerrados tem sido diagnosticada como de baixa fertilidade natural, apresentando interferência direta na disponibilidade de nutrientes para as plantas se desenvolverem e atingirem altas produtividades. A baixa fertilidade dos solos pode ser corrigida, não se constituindo em obstáculo para o cultivo da soja nas áreas agrícolas no bioma do cerrado (KLINK; MACHADO, 2009).

O sistema plantio direto (PD) é uma das mais eficientes estratégias para a melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola (AMADO et al., 2007a), pois representa a mais significativa alteração no manejo de solos da história moderna da agricultura. Este sistema envolve o uso de técnicas para produzir, preservando a qualidade ambiental,

fundamentando-se na ausência de preparo do solo e na presença de cobertura permanente sobre o terreno, através de rotação de culturas (MACHADO et al., 2004).

O sistema de preparo convencional (PC), por sua vez, promove maior aeração, quebra dos agregados do solo e a incorporação dos resíduos vegetais provocando rápida decomposição e perda do carbono orgânico, assim como uma mineralização do nitrogênio e do fósforo orgânico existente no solo (HOLTZ, 1995). Para Mantovani (1987) o PC, normalmente, consiste na combinação de uma aração e duas gradagens feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento e desenvolvimento da cultura.

Enquanto os sistemas tradicionais tratam as propriedades agrícolas de forma homogênea, tomando como base as condições médias das extensas áreas de produção para programar as ações corretivas dos fatores limitantes, a agricultura de precisão contempla a variabilidade espaço-temporal desses fatores para a tomada de decisão (MANTOVANI; COELHO; MATOSO, 2009), com aplicação de insumos em locais específicos, dividindo-se os campos inteiros em zonas de manejo menores e homogêneas (DOERGE, 2006).

A análise geoestatística constitui importante ferramenta na análise e descrição da variabilidade das propriedades do solo (VIEIRA, 2000; CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002; VIEIRA et al., 2002). Nesse aspecto, os mapas de produtividade são considerados uma excelente ferramenta para a análise do desempenho agrícola em nível de propriedade (AMADO et al., 2007b). Tais mapas destacam-se como a alternativa mais completa e moderna para gerenciar a variabilidade espacial de lavouras comerciais, orientando práticas de manejo (MOLIN, 2002; MILANI et al., 2006).

Segundo Gimenez e Molin (2004), o mapeamento da produtividade compreende a aquisição de informações sobre o rendimento das lavouras através de sensores e sistemas de posicionamento. O potencial de rendimento de uma determinada cultura é a expressão da interação entre o genótipo e o ambiente (COSTA; THOMAS, 2004). Para Molin (1997) ele pode ser um recurso eficaz nas decisões sobre o manejo do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da produtividade da soja em um Latossolo Vermelho distrófico típico em sistema plantio direto e preparo convencional no cerrado, sob a égide da estatística clássica e da geoestatística na análise dos dados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Monte Alegre, localizada no município de Rio Verde, Goiás, em um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2005), cujas coordenadas estão situadas geograficamente entre 17°29'24'' a 17°30'36'' de Latitude Sul (S) e 51°23'24'' a 51°24'36'' de Longitude Oeste (W), com altitude média de 748 m e topografia plana a levemente ondulada com declividade próximo de 3%. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante na região é do tipo tropical de Savana (Aw), com precipitação média anual de 1.500 mm.

Foram selecionados dois talhões com 2.200 m² cada, sendo um conduzido em plantio direto (PD) e o outro com preparo convencional do solo (PC). Realizou-se para cada talhão levantamento por amostragem em uma malha regular com as dimensões de 40 x 55m, totalizando 44 pontos em cada área, sendo que a menor distância entre amostras foi de 5m. O espaçamento de 5m foi adotado para se garantir a existência de estacionaridade intrínseca e gerar um número mínimo de 30 pares para cada distância estudada, para utilizar a geoestatística (CRESSIE, 1991).

A área estava sendo cultivada com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) por dez

anos em monocultivo, sob PD. Após este período, antes da semeadura da soja, foram selecionados dois talhões; no primeiro, continuou-se com o PD e no segundo, foi realizado o preparo do solo com auxílio de uma grade aradora na profundidade de aproximadamente 0,20 m. Nos últimos cinco anos, na área sob PD, a soja foi cultivada no verão e sucedida pelo milho na safrinha.

A semeadura da soja foi realizada entre os dias 24 de outubro a 08 de novembro de 2005 com espaçamento entrelinhas de 50 cm, semeando-se 12 sementes por metro linear da cultivar CD 219 RR, totalizando 240.000 plantas h⁻¹. Para a determinação da produtividade da soja, realizou-se a colheita manualmente, no talhão PD no dia 05 de março de 2006, e no talhão PC no dia 12 de março de 2006, sendo colhidas 36 plantas em uma área de 1,5 m² em cada ponto de amostragem da malha regular. A soja foi trilhada através de uma batidora de cereais, modelo BC-30 Júnior, sendo acionada e tracionada por um trator marca Valmet modelo 68. Posteriormente, efetuou-se a correção de umidade dos grãos para 13% e a obtenção da massa de grãos por ponto amostrado. Esta prática também foi adotada por Amado et al. (2007a).

Amostras de solo foram retiradas nas duas áreas, em cada ponto, na profundidade de 0-15 cm para a determinação dos atributos químicos pH, MO (matéria orgânica), P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC e V%.

A análise descritiva dos dados foi realizada para verificar a presença de pontos discrepantes (outliers), onde foram calculados a média, mediana, variância, desvio padrão, valores mínimos e máximos, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Para análise da hipótese de normalidade dos dados foi utilizado o teste Shapiro-Wilk's (W) (p<0,05%). A produtividade da soja nos dois sistemas foi comparada pelo teste t-Student em nível de 5% de probabilidade.

A dependência espacial foi realizada usando as técnicas da geoestatística, conforme Vieira (2000), utilizando-se para o cálculo da semivariância a Equação 1, no software GS+ (ROBERTSON, 1998).

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

Em que: $\gamma^*(h)$ é a semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$; $N(h)$ é o número de pares de valores medidos; h é a distância entre pontos amostrais.

No ajuste dos semivariogramas teóricos aos dados testaram-se os seguintes modelos: esférico, exponencial, gaussiano

e linear. Os semivariogramas foram escalonados pela variância dos dados no sentido de padronizar a escala, determinando os seguintes parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a). A escolha do modelo foi segundo a menor soma de quadrados dos resíduos, maior coeficiente de determinação múltipla (R^2) e da validação cruzada.

Como não houve correlação espacial dos dados de produtividade, nos dois sistemas, foi realizado o agrupamento pelo gráfico postplot, pelo software Geocac (SILVA et al., 2003), onde cada valor foi associado a uma cor para indicar a classe de quartil pertencente, auxiliando na verificação da presença de tendências na área, bem como a análise do efeito proporcional da média pelo desvio-padrão por linhas e colunas. Nesse caso, a interpolação de valores em locais não amostrados, foi realizada pelo método do inverso do quadrado da distância, no software GS + (ROBERTSON, 1998), como descrito por Mello et al. (2003), na Equação 2.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2} * X_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}} \quad (2)$$

Em que: X_p é a variável interpolada; X_i é o valor da variável do i -ésimo ponto de

amostragem; d_i é a distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado; n é o número de pontos amostrais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da distribuição de frequência e da análise descritiva dos parâmetros: média, mediana, mínimo, máximo, desvio-padrão (s), coeficientes de variação (CV), curtose (C_K), assimetria (C_S) e o teste Shapiro-Wilks (W) para a produtividade da soja nos sistemas de plantio direto e preparo convencional, estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Nos dois sistemas, os valores da média e mediana estão próximos, indicando distribuição simétrica, o que pode ser confirmado pelos valores do coeficiente de assimetria próximos de zero. A curtose apresentou valores não muito altos, sendo, portanto, leptocúrtica para o preparo convencional e platicúrtica para o plantio direto. Verificou-se que o coeficiente de variação (CV) apresentou baixa variação no sistema PC (8,89%) e o maior CV foi observado no sistema PD (14,92%), sendo considerado médio segundo a classificação proposta por Pimentel Gomes (2000).

A normalidade dos dados foi confirmada pelo teste Shapiro-wilks a 5% de probabilidade.

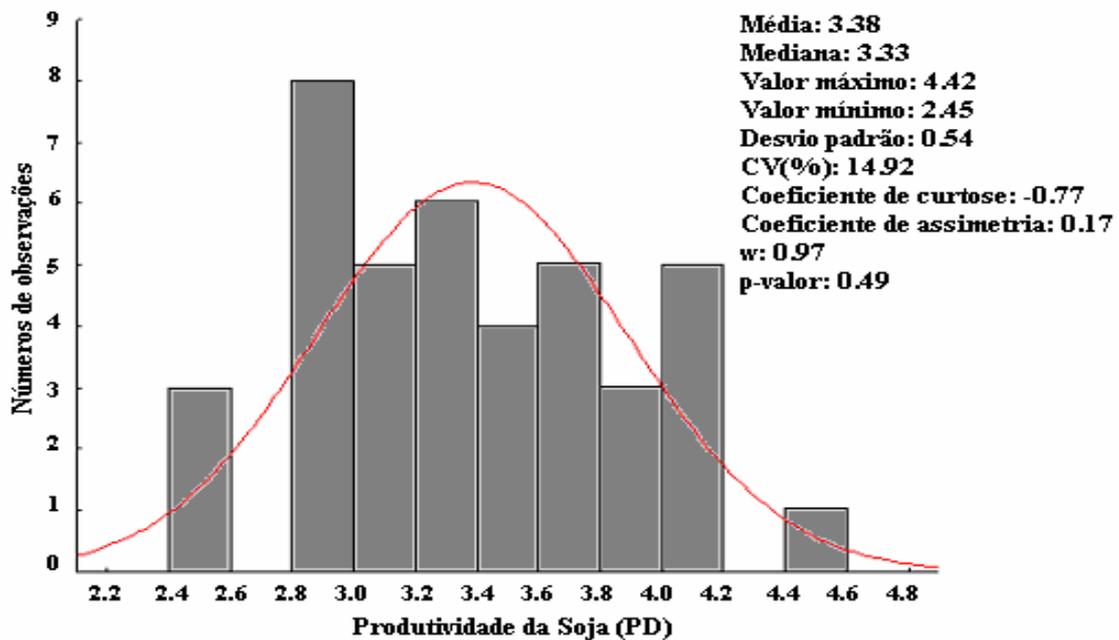


Figura 1. Histograma e estatística descritiva da produtividade da soja para o sistema de plantio direto (PD).

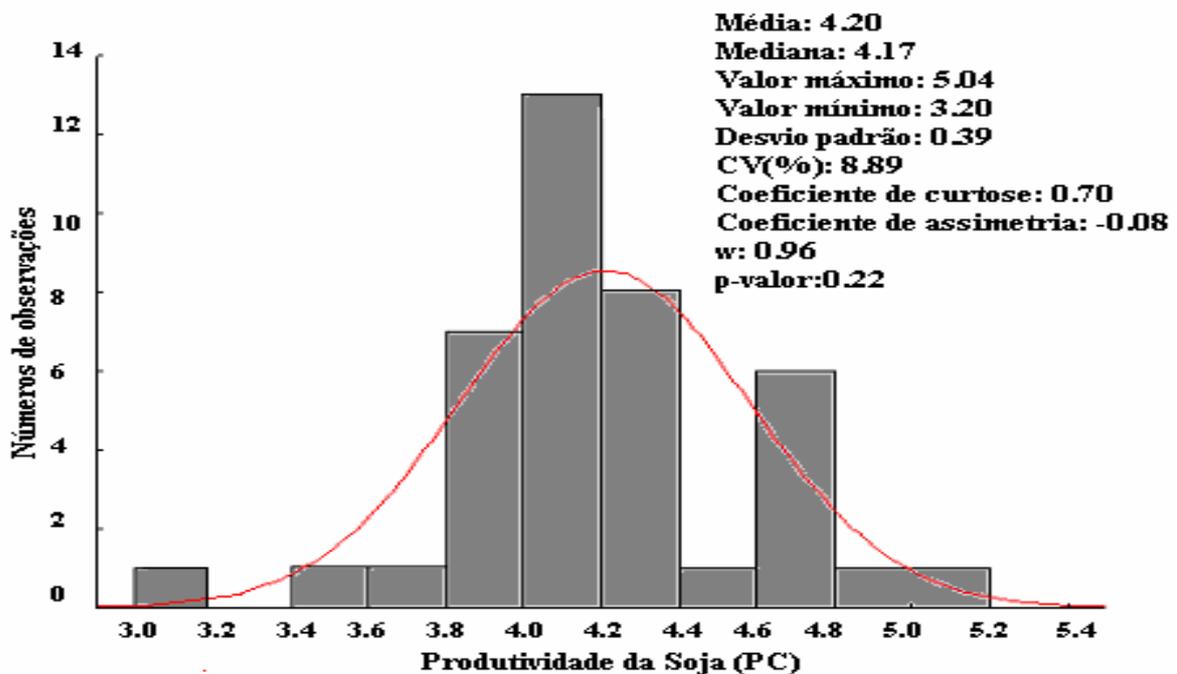


Figura 2. Histograma e estatística descritiva da produtividade da soja para o sistema de preparo convencional (PC).

Segundo Carvalho; Silveira e Vieira (2002), valores de assimetria e curtose de zero e três, indicam a normalidade dos dados, respectivamente. Entretanto, de acordo com Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, é conveniente apenas que no gráfico de distribuição normal, os atributos não apresentem extremidades muito alongadas, o que poderia comprometer as análises.

Os dados médios de precipitação e temperatura foram coletados na estação meteorológica da Universidade de Rio Verde, entre os meses de outubro de 2005 a abril de 2006. A precipitação ocorrida no período entre o ciclo da cultura da soja na safra 2005/2006 foi de 1.679,3mm (Figura 3). Durante o ciclo da soja, safra 2005/2006, foi observada, entre os meses de janeiro a abril, valores de precipitação muito inferiores à média (239,9 mm) (Figura 3), fato que resultou na elevação do coeficiente de variação (CV) e reduções da produtividade média no sistema plantio direto (Figura 1) em relação ao preparo convencional (Figura 2). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Amado et al., (2007a) em área manejada sob sistema plantio direto por dez anos em um Latossolo Vermelho distrófico típico, que encontraram uma produtividade média de 2,24 t ha⁻¹ e um CV de 24,0%, considerado

alto segundo classificação proposta por Pimentel Gomes (2000).

A produtividade média da soja foi significativamente maior na área sob PC com 4,20 t ha⁻¹ em relação aos 3,38 t ha⁻¹ na área sob PD, pelo teste t a 5% de probabilidade. Este fato pode ter ocorrido devido às melhores condições de fertilidade do solo sob este manejo no cerrado, conforme dados médio na Tabela 1. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa e Thomas (2004), de acordo com revisão de literatura, que encontraram a produtividade média de soja de 4,44 t ha⁻¹ e por Amado et al. (2007b) que encontraram rendimentos de soja variando de 4,43 t ha⁻¹ a 4,66 t ha⁻¹ em trabalho de análise do comportamento de produtividade na safra 2006/2007 no RS.

Com estes resultados observa-se que os atributos químicos pH, P, Ca, SB e V, no preparo convencional, apresentam valores maiores e com diferença significativa em nível de 5% pelo teste t. O preparo convencional foi favorecido pela aplicação e incorporação do calcário e de melhores condições do espaço poroso do solo devido ao seu revolvimento, ou seja, proporcionando melhor arejamento e homogeneização do seu perfil, disponibilizando maiores quantidades de cátions trocáveis e reduzindo a toxidez de Al.

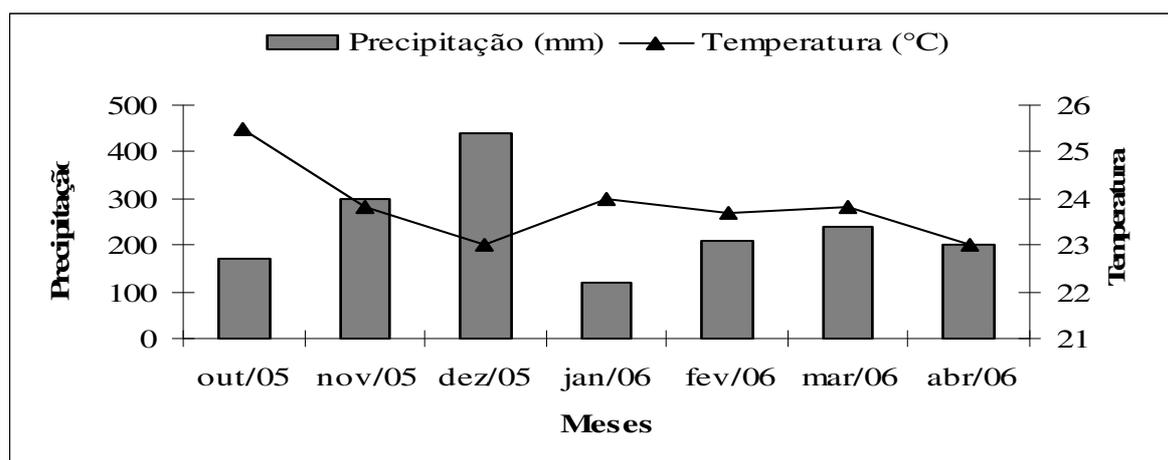


Figura 3. Precipitação e temperatura na área experimental durante o ciclo da cultura

Tabela 1. Médias dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-15 cm sob preparo convencional (PC) e plantio direto (PD).

Prof. (cm)	Sistemas	P ⁽¹⁾	K ⁺⁽¹⁾	pH	H ⁺ +Al ³	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ²⁺	SB	CTC	V	MO
		mg dm ⁻³		CaCl	----- cmol _c dm ⁻³ -----						%	g dm ⁻³
0 – 15	PC	8,90 a	65,32a	4,8a	5,51b	0,07a	2,26a	0,74b	3,16a	8,67a	36,81a	37,74a
	PD	5,26 b	65,15a	4,6a	6,06a	0,07a	1,46b	0,81a	2,43b	8,48a	29,15b	37,15a

Prof.: profundidade; Médias seguida de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste t a 5% e probabilidade. ⁽¹⁾ Extrator Mehlich 1.

Bertol e Fischer (1997) relataram que o preparo do solo por meio de revolvimento proporciona maior rendimento de grãos de soja em relação a outras práticas como o plantio direto. Resultados semelhantes foram observados por Yokoyama; Silveira e Stone (2002) na cultura do milho, onde maiores valores de produtividade no PC em relação ao PD foram atribuídos ao revolvimento do solo por arado de aiveca. Secco et al. (2005), contrariando tais resultados, também, não encontraram diferença significativa entre a produtividade de soja para diferentes formas de manejo do solo.

Analisando os dados da produtividade pela geoestatística não foi observada dependência espacial, com ajuste do semivariograma escalonado resumindo ao modelo efeito pepita puro, conforme a Figura 4. Neste caso, indica ausência de dependência espacial entre os pontos de amostragem e que o alcance para os dados em questão é menor que o menor espaçamento entre amostras, conforme Vieira (2000).

Para esses dados, tem-se uma distribuição completamente aleatória e a única estatística aplicável é a estatística clássica.

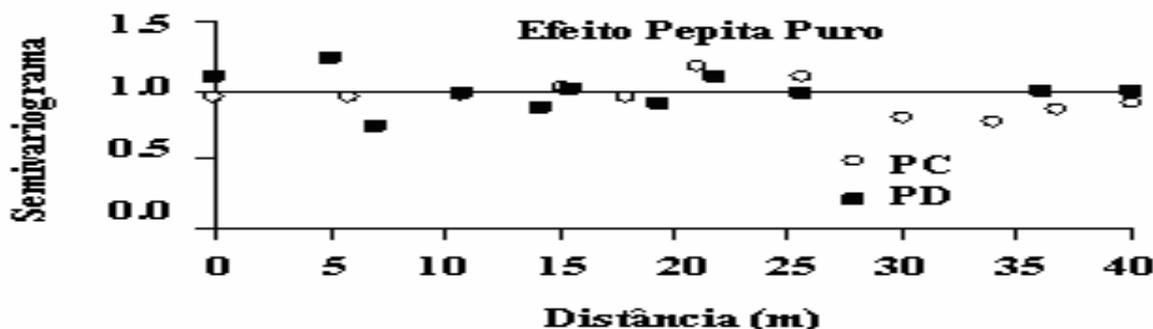


Figura 4. Modelo do semivariograma escalonado para a produtividade da soja no sistema de plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

Para garantir a dependência espacial, os pontos de amostragem deveriam ser coletados a uma distância equivalente à metade do alcance (CARVALHO; SILVEIRA; VIEIRA, 2002). Milani et al. (2006) e Amado et al. (2007a) encontraram dependência espacial classificada como moderada (efeito pepita entre 26 e 75% do patamar) para a produtividade da soja.

Como não ocorreu correlação espacial entre as amostras no grid de amostragem, inviabilizou a interpolação por krigagem. Nesse caso, optou-se pela análise descritiva espacial através do agrupamento em quartis pelo postplot (Figura 5) e pela interpolação dos dados pelo método inverso do quadrado da distância (Figura 7).

Os valores médios determinados para a produtividade, nas duas áreas, estão no 3º quartil, de 3,38 t ha⁻¹ e 4,20 t ha⁻¹ para plantio direto e convencional, respectivamente. Assim, os dados que pertencem ao mesmo intervalo quartílico

são classificados e representados como iguais. A concentração de cores iguais no mapa indica a existência de sub-região ou falta de estacionaridade (RIBEIRO JUNIOR, 1995; LIBARDI et al., 1996; SILVA, 2000). Nesse caso, verifica-se que as áreas de menores produtividades estão apresentadas em cores claras e as de maiores em cores escuras. A concentração da produtividade em sub-regiões não foi muito pronunciada, porém na análise do efeito proporcional (Figura 6) ocorreu variação significativa a 5% de probabilidade do desvio-padrão em função da média dos dados nas linhas e colunas. Esta variação está correlacionada com a baixa densidade de pontos de amostragem e da metodologia adotada na colheita e processamento, contribuindo para a presença desta tendência, devido ter apresentado baixo CV para o sistema PC e médio para o PD. Grande variabilidade espacial da produtividade foi detectada para a cultura da laranja com ou sem irrigação (FARIAS et al., 2003).

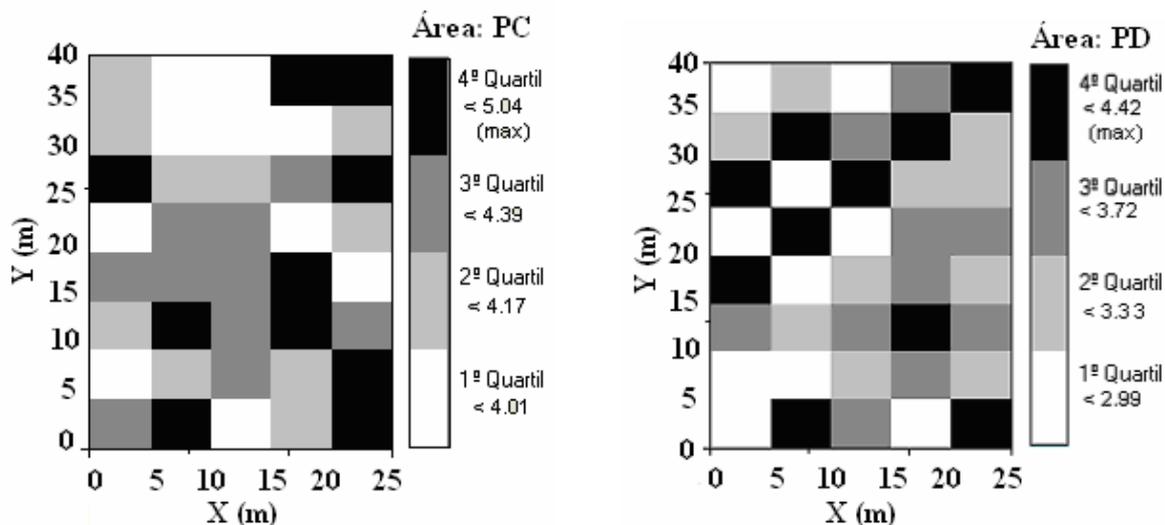


Figura 5. Postplot da produtividade da soja na área sob preparo convencional (PC) e sob plantio direto (PD).

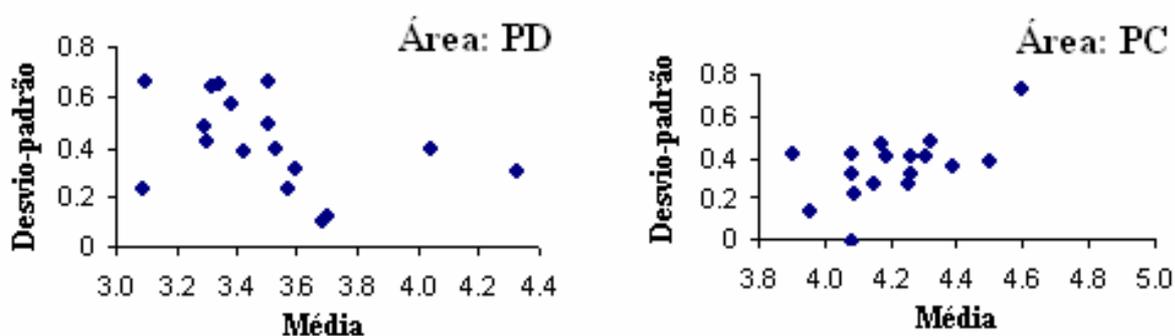


Figura 6. Representação gráfica do efeito proporcional na área sob plantio direto (PD) e preparo convencional (PC).

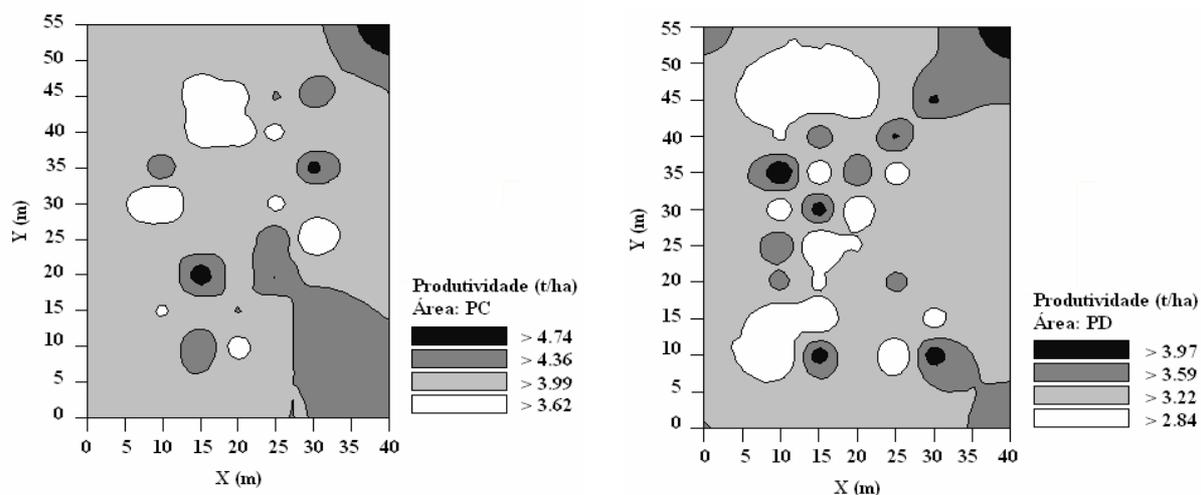


Figura 7. Mapa temático da produtividade, nas duas áreas, pelo método do inverso do quadrado da distância.

Os mapas temáticos da distribuição espacial da produtividade pelo método de interpolação inverso do quadrado da distância, para as duas áreas, estão apresentados na Figura 7, na qual se verificam que valores próximos da média estão concentrados na região de cor cinza claro, ou seja, compondo mais da metade da área. Comparando estes mapas com o agrupamento em quartis, notamos que, quanto à forma, existem similaridades com a distribuição da produtividade (Figura 5).

4. CONCLUSÃO

O número de pontos de amostragem não foi suficiente para caracterizar a dependência espacial da cultura da soja nos dois sistemas de cultivo;

A produtividade da cultura da soja não apresentou dependência espacial nas duas áreas, mostrando assim que os dados têm distribuição aleatória e que o uso dos parâmetros da Estatística clássica explica a variação existente.

O manejo no preparo convencional foi decisivo no aumento da produtividade da soja em relação ao plantio direto em virtude da prática de calagem e do revolvimento do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Análise de Solos e Folhas da FESURV – Universidade de Rio

Verde- GO pelo espaço físico para elaboração das atividades, e a Cooperativa Mista dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (COMIGO) Rio Verde – GO, pela concessão da área de estudo.

REFERÊNCIAS

- AMADO, NICOLOSO, R.; LANZANOVA, M.; SANTI, A. L.; LOVATO, T. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 42, n. 8, p. 1101-1110, 2007a.
- AMADO, T. J. C.; PERES, R. B.; COSTA, J. A.; NICOLOSO, R. S.; TEIXEIRA, T. G. A safra recorde analisada pelos mapas de rendimento no RS. **Revista Plantio Direto**. n. 101, p. 18-123, 2007b.
- BERTOL, O. J.; FISCHER, I. I. Semeadura direta versus sistemas de preparo reduzido: efeito na cobertura do solo e no rendimento da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.17, p. 87-96, 1997.
- 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.
- COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**. n.82, p.28-32, 2004.
- CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900p.

- DOERGE, T. A. **Management zone concepts: site-specific management guidelines.** p. 4, 1999. Disponível em: <<http://www.farmresearch.com/SSMJ/ssmg-02/SSMG02.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** 1. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 2005. 212p.
- FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: Mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.
- GIMENEZ, L. M.; MOLIN, J. P. Mapeamento da produtividade. In: MACHADO, P. L. O. de A.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto.** Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. p. 77-92.
- HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palha e da distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambei (PR).** Curitiba – PR, 1995. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Área de concentração: Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A **conservação do cerrado brasileiro.** Disponível em: <http://www.conservation.org.br/publicacoes/megadiversidade/20_Klink_Machado.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2009.
- LIBARDI, P. L. MANFRON, P. A.; MORAES, S. O.; TUON, R. L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 20, p. 1-12, 1996.
- MACHADO, P. L. O. de A.; SILVA, C. A.; CARMO, C. A. F. S. do; MEIRELLES, M. S. P.; MANZATTO, C. V. Estudo de caso em agricultura de precisão: manejo de lavoura de soja na região de campos gerais, PR. In: MACHADO, P. L. O. de A.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto.** (Ed.). Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2004. p. 93-113.
- MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, 1987.
- MANTOVANI, E. C.; COELHO, A. M.; MATOSO, M. J. Agricultura de precisão. In: EMBRAPA. **Artigos...** Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/artigos/folder.2005-02-02.1550581232/ArtigoAgriculturaPrecisao/mostra_artigo>. Acesso em: 29 abr. 2009.
- MELLO, C. R. LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S.. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Campinas, v. 27, p. 925-933. 2003.

- 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. Agricultura de precisão, parte I: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**. v. 17, p. 97-107, 1997.
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**. v. 22, p. 83-92, 2002.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba, 2000, 477p.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J. **Métodos geoestatísticos no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. Piracicaba, 1995. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, 1995.
- ROBERTSON, G. P. **GS+: Geostatistics for the environmental sciences-GS+ User's Guide**. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152 p.
- SECCO, D.; DA ROS, C. O.; SECO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividade de Culturas em um latossolo vermelho Argiloso sob diferentes Sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 29 p. 407-414, 2005.
- SILVA, E. A. A. **Aplicação de um estimador robusto na análise de variabilidade espacial de um Latossolo Roxo**. Cascavel, 2000. 109f. Dissertação (Mestrado). UNIOESTE, Cascavel, 2000.
- SILVA, E. A. A.; OPAZO, M. A. U.; VILAS BOAS, M. A.; LAMPARELLI, R. Programa computacional para produção e ajuste de modelos teóricos e semivariogramas experimentais em variáveis regionalizadas: GEOCAC, In: JORNADA CIENTIFICA DA UNIOESTE, 2., 2003, Toledo. **Anais...** Toledo: Unioeste, PRPPG, 2003.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo. Viçosa**: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000, v. 1, p. 1-54.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002, v. 2, p. 1-45.
- YOKOYAMA, L. P.; SILVEIRA, P. M. da.; STONE, L. F. Rentabilidade das culturas de milho, soja e trigo em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 32, n. 2, p. 75-79, 2002.