

# Variabilidade espacial da produtividade da soja e da condutividade elétrica de um Latossolo Bruno

Fabio Álvares de Oliveira<sup>1\*</sup>, Julio Franchini<sup>1</sup>, Henrique Debiasi<sup>1</sup>, Adilson de Oliveira Junior<sup>1</sup>, Thiago Martins Machado<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador, Embrapa Soja, CP 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, Brasil

<sup>2</sup> Pesquisador, FAPA, Rua Praça Nova Pátria, s/n, CEP 85139-400, Guarapuava, PR, Brasil

\*e-mail.com: falvares@cnpso.embrapa.br; tmachado@agraria.com.br

**Resumo:** A condutividade elétrica (CE) do solo tem sido utilizada como uma variável que se correlaciona com características do solo. No entanto existem poucas informações sobre sua relação com a produtividade das culturas. O efeito da variabilidade espacial da CE de um Latossolo Bruno sob sistema plantio direto sobre a produtividade da soja foi avaliado em uma área de 18,9 ha localizada em Guarapuava/PR. A CE foi determinada por meio do equipamento Veris 3100<sup>®</sup>, nas camadas de 0 a 0,3 m e 0 a 0,9 m de profundidade. A produtividade da soja foi determinada com uma colhedora autopropelida de grãos equipada com monitor de colheita. Os dados foram submetidos à análise geoestatística considerando 210 pontos amostrais distribuídos uniformemente pela área. A CE e a produtividade da soja apresentaram dependência espacial e foram mapeadas. A produtividade da soja foi significativamente e inversamente correlacionada com a CE determinada a 0-0,3 m e 0-0,9 m. O melhor ajuste do semivariograma, assim como a melhor correlação com a produtividade da soja, foi observada para a CE medida na camada de 0-0,9 m. A CE é um parâmetro útil na definição de zonas de manejo diferenciadas dentro de uma lavoura, pois apresenta alta dependência espacial, é correlacionada à produtividade da soja e, ainda, é de rápida e fácil determinação a nível de campo.

**Palavras-chave:** agricultura de precisão, geoestatística, atributos do solo.

## *Spatial variability of soybean yields and soil electrical conductivity in a Haplohumox*

**Abstract:** Soil electrical conductivity (EC) has been used as a variable correlated with soil characteristics. However, little information about the relationship between EC and crop yield is currently available. The effect of spatial variability of CE determined in a Haplohumox managed under long-term no-tillage on soybean yields was assessed in an agricultural area with 18.9 ha located at Guarapuava County, Paraná State, Southern Brazil. EC values were determined through the equipment Veris 3100<sup>®</sup> in the layers of 0-0.3 m and 0-0.9 m depth. Soybean yields were evaluated through a combine equipped with harvest monitor. The data were submitted to geostatistical analysis considering 210 sampling points evenly distributed on the area. EC and soybean yield presented spatial dependency and were mapped. Soybean yields were negatively and significantly correlated with EC values determined at 0-0.3 and 0-0.9 depth. The best semivariogram adjustments, as well as the best correlation with soybean yields, were obtained to EC measured at 0-0.9 m depth. EC is a useful parameter to define differentiated management zones inside a crop area, since it presents high spatial dependency, correlation with soybean yields and fast and easy determination at field level.

**Keywords:** precision farming, geostatistics, soil attributes.



## 1. Introdução

Recentemente, tem crescido o interesse dos produtores pela adoção da agricultura de precisão como ferramenta capaz de aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção. Swinton e Lowenber-Deboer (1998) definem o termo agricultura de precisão como sendo um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam otimizados, tendo como base o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores que a determinam. Assim, percebe-se que a correta quantificação da variabilidade espacial é de fundamental importância para o sucesso da agricultura de precisão.

A variabilidade espacial da produtividade das culturas tem sido atribuída, entre outros fatores, a diferenças nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. No entanto, os métodos disponíveis para a determinação desses atributos, em geral, são caros e demandam grande quantidade de tempo e mão-de-obra. Nesse contexto, tem crescido o interesse por métodos que permitam determinar a variabilidade espacial de atributos do solo de maneira rápida e barata, de forma a proporcionar a obtenção de um grande número de medidas por unidade de área, como a condutividade elétrica do solo (CE). A CE é definida como sendo a habilidade que o solo tem em transmitir corrente elétrica (KITCHEN; SUDDUTH; DRUMMOND, 1996), sendo dependente de uma série de características e propriedades do solo, como o conteúdo de água, o teor de argila e matéria orgânica, e a concentração de íons na solução do solo (CASTRO; MOLIN, 2004).

O objetivo deste trabalho foi determinar a variabilidade espacial da CE em um Latossolo Bruno aluminico, e sua relação com a produtividade de grãos da soja.

## 2. Material e métodos

O trabalho foi realizado em uma área de 18,9 ha (450 m x 420 m) pertencente à Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), localizada no município Guarapuava/PR (25° 32' S, 51° 30' O e altitude média = 1120 m). O solo da área é

classificado como Latossolo Bruno Aluminico típico, de textura muito argilosa (737 g.kg<sup>-1</sup> de argila, 174 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 89 g.kg<sup>-1</sup> de areia). A área vem sendo manejada sob SPD há mais de 15 anos, e cultivada com trigo, aveia ou cevada no inverno e soja ou milho no verão, em esquema de rotação de culturas.

CE foi determinada em junho de 2010, nas profundidades de 0,0-0,3 m e 0,0-0,9 m, por meio do sensor de contato direto Veris 3100®, e seu respectivo sistema de aquisição de dados. O equipamento utiliza como sensores seis eletrodos conectados a discos de corte lisos que penetram no solo. Dois discos emitem corrente elétrica alternada no solo, enquanto que os outros quatro discos (um par para cada profundidade) medem a diferença de potencial resultante, que é proporcional a CE do solo. O sistema de coleta de dados do equipamento grava os valores de CE (expressos em mS m<sup>-1</sup>) em intervalos de 1 s, simultaneamente para as duas camadas. A avaliação da CE foi realizada em faixas distanciadas 10 m entre si, com largura de 2,35 m, que corresponde à largura do equipamento.

A soja cultivar AFS 110 RR foi semeada em 15 de dezembro de 2010, por meio de uma semeadora-adubadora tratorizada. A adubação de base foi realizada de acordo com os resultados da análise de solo. A implantação e o manejo da lavoura, assim como os tratamentos fitossanitários, foram realizados de acordo com as indicações da pesquisa para a região (TECNOLOGIAS, 2010). A produtividade da soja foi determinada utilizando uma colhedora autopropelida de grãos marca New Holland, modelo TC 57, equipada com monitor de colheita AgLeader PF ADVANTAGE associado a um receptor de GPS de navegação marca Garmin.

Para comparação dos resultados de CE e produtividade da soja, foi estabelecida uma grade regular de 30 por 30 m totalizando 210 pontos na área. Os dados de produtividade e CE em cada um dos pontos foram estimados pela média dos valores contidos em uma circunferência com raio de 10 m, tendo como centro o ponto considerado. As medidas determinadas ao redor dos pontos foram submetidas à análise geoestatística (VIEIRA, 2000). O modelo escolhido para ajuste do semivariograma

foi aquele que resultou no maior coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. Após a krigagem dos dados utilizando os modelos ajustados, foram elaborados os mapas de produtividade e condutividade. Os mapas de variabilidade espacial foram construídos por meio do programa Surfer 9.0<sup>®</sup>. Com base nos valores krigados, foi realizada a análise de correlação (correlação de Pearson) entre os dados, por meio do programa Microsoft Excel<sup>®</sup>.

### 3. Resultados e discussão

Os semivariogramas para os valores de produtividade da soja e de CE nas camadas de 0,0-0,3 m e 0,0-0,9 m ajustaram-se aos modelos gaussiano e exponencial, respectivamente (Tabela 1), evidenciando a existência de dependência espacial significativa para essas variáveis. Os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para os modelos ajustados foram elevados, indicando que a maior parte da variabilidade apresentada pela produtividade e CE foi explicada pela posição espacial dos pontos onde essas variáveis foram determinadas. A alta qualidade do ajuste dos modelos aos semivariogramas obtidos para a produtividade da soja e para a CE medida nas camadas de 0-0,3 m e 0-0,9 m de profundidade pode ser atribuída ao grande número de leituras realizadas, o que é uma das grandes vantagens relacionadas ao uso dessas variáveis para fins de agricultura de precisão.

A partir dos semivariogramas, foi possível gerar mapas de superfície representando a variabilidade espacial da produtividade da soja e da CE (Figura 1). Em primeiro lugar, observa-se que os valores

de CE foram maiores na camada de 0-0,3 m comparativamente a de 0-0,9 m, o que pode ser explicado pela maior concentração de nutrientes e matéria orgânica na camada mais superficial do solo. Resultados similares foram obtidos por Castro e Molin (2004) e Faulin (2005). Ainda conforme a figura, constata-se que as regiões em que a produtividade da soja foi mais baixa coincidiram com as áreas onde os valores de CE foram maiores, tanto na camada de 0-0,3 m, quanto na de 0-0,9 m. Esse fato é confirmado pelos dados apresentados na Figura 2, onde é possível observar a existência de correlação negativa e significativa entre a produtividade da soja e a CE medida em ambas as camadas de solo. Nota-se também que a relação inversa entre produtividade de grãos da soja e CE foi mais evidente quando este atributo de solo foi determinado na camada de 0-0,9 m (Figuras 1 e 2).

A existência de correlação entre a produtividade da soja e a CE indica que esse parâmetro pode ser útil na definição de zonas de manejo diferenciadas dentro da lavoura. Uma vantagem adicional da CE relaciona-se à facilidade e rapidez na sua determinação, o que torna possível a obtenção de uma grande quantidade de leituras por unidade de área. No entanto, a individualização das possíveis causas da menor produtividade da soja nas regiões caracterizadas pelos maiores valores de CE é difícil, tendo em vista que essa variável é determinada por diversos atributos de solo, como a concentração de nutrientes na solução do solo, o conteúdo de água, o teor de argila e de matéria orgânica (CASTRO; MOLIN, 2004).

Tabela 1. Parâmetros de ajuste do semivariograma para condutividade elétrica aparente do solo (CE) e produtividade da soja.

Variável	C0*	C1**	a***	R <sup>2</sup>	Modelo de ajuste
CE 0-0,3 m	0,0000	1,6085	121,6	0,90	Exponencial
CE 0-0,9 m	0,1952	0,3753	265,6	1,00	Exponencial
Produtividade	0,0206	0,0805	76,0	0,82	Gaussiano

\*C0 = efeito pepita; \*\*C1 = variância estrutural; \*\*\*a = alcance.

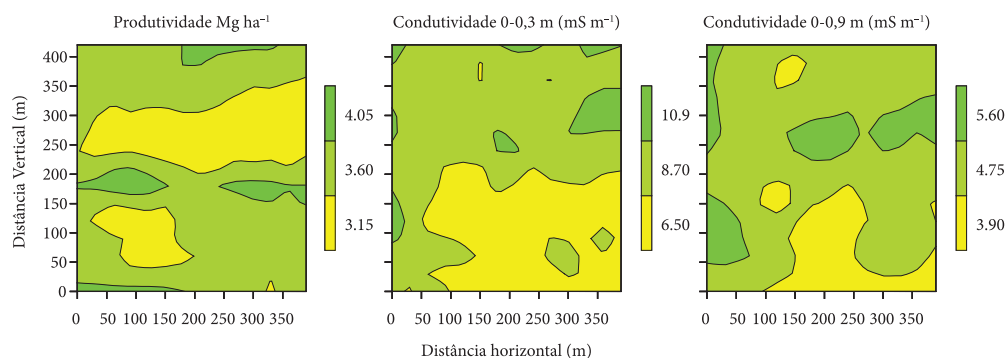


Figura 1. Mapas krigados da produtividade da soja e da condutividade elétrica do solo.

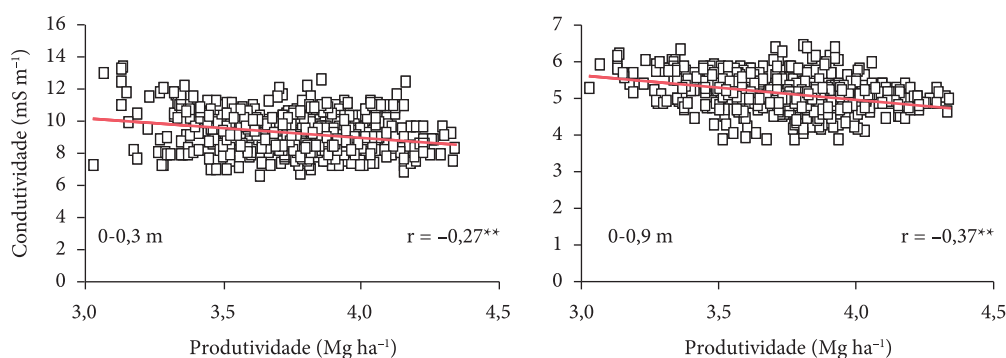


Figura 2. Correlação entre a produtividade da soja e a condutividade elétrica do solo.

#### 4. Conclusões

A CE é um parâmetro útil na definição de zonas de manejo diferenciadas dentro de uma lavoura, pois apresenta alta dependência espacial, é correlacionada à produtividade da soja e, ainda, é de rápida e fácil determinação a nível de campo. Mais estudos são necessários para individualizar os fatores determinantes da CE que apresentam maior relação com a produtividade da soja.

#### Referências

CASTRO, C. N.; MOLIN, J. P. Definição de unidades de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação Fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: USP/ESALq, 2004.

FAULIN, G. C. *Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo*. 2005. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; DRUMMOND, S. T. Mapping of sand deposition from 1993 midwest floods with electromagnetic induction measurements. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 51, p. 336-340, 1996.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. *Journal of Production Agriculture*, v. 11, p. 439-446, 1998.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2011. *Sistemas de Produção*, n. 14, 2010.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *Tópicos em Ciência do Solo*, v. 1, p. 1-53, 2000.