

# Métodos de interpolação de dados e distribuição espacial de *Macrophomina phaseolina* no solo

DIAS, L.A.F.<sup>1</sup>; SILVA, J. A.<sup>1</sup>; PINTOR I.R.<sup>1</sup>; OLIVEIRA, M.C.N.de<sup>2</sup>; FARIAS, J.R.B.<sup>2</sup>; SIBALDELLI, R.N.R.<sup>3</sup>; ALMEIDA, A.M.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Norte do Paraná; <sup>2</sup>Embrapa Soja, Londrina, Paraná, e-mail: alvaro.almeida@embrapa.br;

<sup>3</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## Introdução

A podridão de carvão das raízes de soja é causada pelo fungo de solo, descrito como *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid que afeta mais de 500 espécies vegetais (DHINGRA, 1978). Os microescleródios são estruturas de resistência produzidas nas raízes de plantas, entre a camada do córtex e da epiderme. Com a decomposição dos tecidos os mesmos são liberados no solo (COOK, 1973). Segundo Almeida et al. (2014), esse fungo ocorre em reboleiras de diversos tamanhos.

Para avaliar a distribuição espacial desse fungo, utilizam-se métodos de interpolação de dados, que se baseia na teoria de variáveis regionalizadas (VIEIRA, 1996). Os métodos de interpolação são também usados na pesquisa, nas diferentes áreas da ciência, quando se deseja um

estudo geoestatístico completo, em que se aplicam diferentes modelos e um deles é selecionado quando apresenta menor erro amostral e as melhores estimativas dos parâmetros com confiabilidade. Vários são os interpoladores encontrados na literatura, tais como: o inverso da distância ao quadrado (IDW), que estima valores de pontos não amostrados, fundamentando-se, em pontos amostrados, atribuindo-se valores em cada amostra e a distância entre elas (ALVARENGA et al., 2010). A krigagem ordinária é outro método de interpolação de dados que é uma combinação linear de valores amostrados e valores atribuídos a cada amostra vizinha (OLIVEIRA, 2003). Um terceiro método é o dos vizinhos naturais, totalmente diferente dos anteriores, utilizando-se a técnica de polígonos Thiessen, para avaliar valores para os pontos vizinhos. Esse método faz a interpolação pela média ponderada dos pontos vizinhos (AGUILAR, 2001).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a distribuição espacial da *M. phaseolina*, no solo utilizando os três modelos de interpolação de dados. A segunda fase desta pesquisa será utilizar a geoestatística propriamente dita, ou seja, avaliar diferentes modelos da literatura, usando os três interpoladores aqui apresentados, bem como as estimativas dos parâmetros desses modelos, semivariogramas e selecionando o modelo que melhor se ajusta aos dados de *M. phaseolina*.

## Material e Métodos

As amostras foram coletadas na Fazenda da Embrapa Soja, Londrina-PR, na data de 14/05/2015 no talhão denominado B-14, sob um grid regular. A coleta foi realizada em quatro pontos, dentro de um quadrado de 1x1 m, com área contígua de 5x5 m (total de 25 m<sup>2</sup>), totalizando 100 amostras georreferenciadas.

A coleta do solo foi realizada com a utilização de trado na profundidade de 0-10 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas e levadas ao laboratório de Fitopatologia para prosseguimento das análises.

A determinação da umidade das amostras foi efetuada pelo método de

gravimetria, secando em estufa 10 g de solo de cada amostra a 104 °C por 24 h. Para quantificação das unidades formadoras de colônias foi utilizado meio de cultura BDA com adição de 0,01% de rosa de bengala, posteriormente esterilizado. Foram pesadas 5 g de solo, por amostra, em béqueres, devidamente etiquetados. Procedeu-se à lavagem das amostras de solo com solução 0,6% de hipoclorito de sódio por 5 minutos. Assim o solo foi peneirado em peneiras de 297  $\mu\text{m}$ , coletando-se micropartículas que ficavam retidos na peneira de 45  $\mu\text{m}$ , devolvendo-se ao béquer utilizando uma piseta contendo água destilada e completando-se com 20 mL. Os meios retirados da autoclave foram mantidos em banho-maria a 60 °C. Foi adicionado 1,28 mL de estreptomicina/cloroneb a 1% e a mistura de 5 g solo em 20 mL de água destilada, totalizando 100 mL. Esses foram homogeneizados e distribuídos posteriormente em 5 placas com o meio solubilizado em banho-maria.

Essas placas foram incubadas por 10 dias à temperatura de 28 °C fazendo-se a avaliação do número de unidades formadoras de colônias (UFC). A quantificação dos resultados considerou a contagem de 10 placas por amostra.

Para a interpolação dos dados foi utilizado o software Surfer 9.0, aceitando-se a programação original do software para cada método interpolador. As equações utilizadas, para os determinados métodos de interpolação, inverso da distância ao quadrado - IDW (1), krigagem ordinária (2) e vizinhos naturais (3), são apresentadas abaixo:

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad \text{Equação 1}$$

$$\hat{Z}_{(x_0)} = \sum_{i=0}^n \lambda Z(x_i) \quad \text{Equação 2}$$

$$\hat{f}(x) = \sum_{i=0}^k w_i(x) a_i \quad \text{Equação 3}$$

## Resultados e Discussão

Os mapas gerados no software Surfer 9.0 referentes aos três métodos de interpolação utilizados (Figura 1), mostram a distribuição espacial das colônias de *M. phaseolina*, sendo que as imagens geradas nessas interpolações se apresentam visivelmente diferentes entre elas.

O método de interpolação por vizinhos naturais (Figura 1A) apresentou uma suavidade na distribuição entre os valores de 0 a 12 UFC. Enquanto que os pontos de 12 a 42 UFC ficaram muito próximos não representando sua disseminação. A bordadura do mapa foi afetada pelo método cortando pontos que poderiam representar alta concentração de microesclerócios, limitando a avaliação. Esse método calcula a interpolação até os limites da amostragem, sendo comum deixar bordaduras nas coletas dos dados, que ficam nas falhas dos mapas, ao se avaliar a área total.

A krigagem ordinária (Figura 1B) mostrou-se suave entre os valores de 0 a 18 UFC, isto é, as mudanças de classes não são abruptas. Os pontos de maior concentração entre 24 a 42 UFC foram representados na sua disseminação pelo mapa, que possui extrapolação entre os valores até a borda de toda a área, diferente do método dos vizinhos naturais, facilitando sua avaliação em toda a área de coleta.

Inverso da distância do quadrado - IDW (Figura 1C) mostra distribuição espacial em praticamente todo o mapa nas concentrações de 6 a 12 UFC. Houve formação de "bull's eyes", ou "olhos-de-boi" nos valores de 0 a 6 UFC. No entanto, em outras concentrações, valores de 12 a 42 UFC, não houve a representação da distribuição do fungo, dificultando a interpretação da distribuição espacial dos dados. A presença de "olhos-de-boi" dificultou a interpretação dos dados pois conduz a uma "contaminação" das leituras.

Embora o método de interpolação por krigagem ordinária seja o mais adequado, a distribuição espacial das colônias de *M. phaseolina* ainda não está adequada, necessitando inserir numa segunda fase da pesquisa informações de solo e ambiente que determinem, com exatidão,

o melhor método a ser utilizado. Como é um fungo de solo, várias características devem ser consideradas como: umidade e temperatura do solo; textura do solo, que dependendo do sistema de mecanização, pode alterar os valores de UFC; níveis de fertilidade; microrganismos do solo (bactéria, fungos e actinomicetos que produzem compostos antagônicos à *M. phaseolina*). A análise e a aplicação dos métodos geoestatísticos, na próxima etapa do trabalho, facilitará a interpretação da distribuição espacial desses dados, promovendo maior entendimento no controle dessa doença, sobre o sistema conveniente de preparo do solo e cultura posterior.

### Conclusão

A distribuição espacial de *M. phaseolina* usando a krigagem ordinária foi o melhor método de interpolação para avaliação desse fungo, provavelmente por ser um interpolador que considera as relações de dependência espacial entre os dados. Outros fatores que interferem na distribuição espacial desse fungo devem ser avaliados.

### Referências

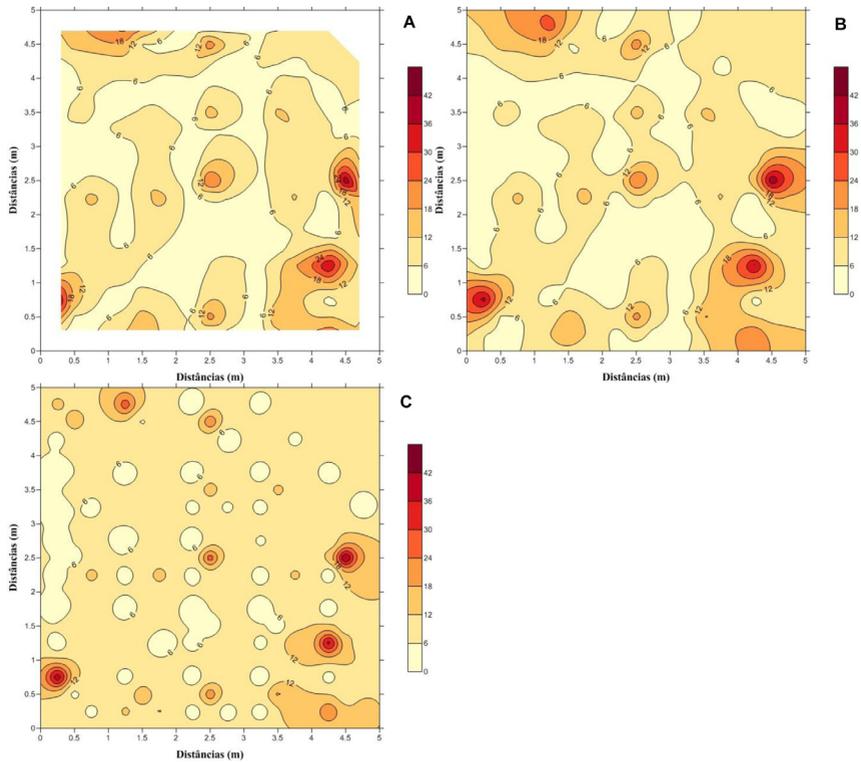
- AGUILAR, M.A.; AGUILAR, F.J.; CARVAJAL, F.; AGUERA, F. Evacuación de diferentes técnicas de interpolación especial para la feneración de modelos digitales de elevación del terreno agrícola. **Mapping Interactivo**, n. 74, p. 72-92, 2001.
- ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. de; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M. da; GAUDÊNCIO, C. de A. ***Macrophomina phaseolina* em soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 55 p. (Embrapa Soja. Documentos, 346).
- ALVARENGA, L.H.V.; PINTO, A.L.R.; SILVA, S.T.; ALTOÉ, T.F.; MORAIS, V.A.; MELLO, J.M. Comparação de procedimentos de amostragem na precisão de Inventário Florestal em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 19., Lavras, 2010. **Anais...** Lavras: SBPC, 2010. 6p. Disponível em: < <http://www.sbpnet.org.br/livro/lavras/resumos/1168.pdf> >. Acesso em 07 jul. 2016.

COOK, G.E.; BOOSALIS, M.G.; DUNKLE, L.D.; ODVODY, G.W. Survival of *Macrophomina phaseolina* in dorn and sorghum stalk residue. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 873-875, 1973.

DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. **Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina***. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1978. 166 p.

OLIVEIRA, M.C.N. de. **Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariâncias: uma aplicação ao teor de cálcio no solo**. 2003. 140 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VIEIRA, S.R. **Geoestatística**. Botucatu: UNESP, 1996. 71 p. (Apostila, Curso de extensão universitária).



**Figura 1.** Distribuição espacial de número de unidades formadoras de colônias (UFC) de *Macrophomina phaseolina*. Interpolação pelos métodos: Vizinhos Naturais (A), Krigagem ordinária (B) e Inverso da distância do quadrado - IDW (C).