

Avaliação da Distribuição Espacial de *Euschistus heros* pelo Método da *Krigagem Ordinária*.

¹Santos, J.A. Dos, ²Oliveira, M.C.N. de, ²Roggia, S.

¹Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP) - campus Cornélio Procópio, ²Embrapa Soja, Londrina, PR. / jaqueline_j.a.s@hotmail.com.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas do agronegócio brasileiro sendo importante para a abertura e manutenção do seu mercado a melhoria constante da sua qualidade e do seu rendimento (HIRAKURI et al., 2011). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2013) a produção estimada para a safra atual 2012/2013 está em 82,06 milhões de toneladas, isto é 23,6%, ou 15,68 milhões de toneladas superiores ao volume produzido em 2011/12, tornando-se o maior produtor mundial nesta safra.

Um dos desafios para a pesquisa é que a produtividade seja máxima, para isso é necessário solucionar vários pontos cruciais para atingir esses objetivos. Um dos mais importantes é a ocorrência das pragas e doenças da soja. Na cultura da soja são encontradas várias espécies de pragas na cultura da soja, entre elas estão os percevejos pentatomídeos *Euschistus heros* (Fabricius), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Nezara viridula* (L.), caracterizados por atacarem diretamente as vagens e grãos da cultura, podendo inutilizar as sementes ou reduzir sua viabilidade. (CORRÊA-FERREIRA et al., 2003). Com o aumento gradual da produção de soja, diversas alternativas e estratégias de manejo de pragas vem sendo criadas visando sempre maior qualidade e rendimento da produção. Com o avanço das tecnologias, diversas práticas tecnológicas também vêm sendo adaptadas e utilizadas na agricultura para melhorar as condições de produção, seja ela na área agrônômica, seja na seleção das técnicas experimentais como a geoestatística. A aplicação da geoestatística em dados entomológicos vem sendo utilizada com auxílio do georreferenciamento. Para a análise dos dados, considerando que não há um padrão espacial e que a partir de delineamentos estatísticos formais não pode ser obtida, a dependência espacial deve ser avaliada pelo método geoestatístico (COCHRAN & COX, 1957, OLIVEIRA, 2003). A ferramenta que verifica a existência desta dependência é o semivariograma (VIEIRA et al., 1983). A simulação dos dados nos locais onde não foram amostrados foi realizada pelo método da krigagem ordinária.

O objetivo do presente trabalho é auxiliar no planejamento de medidas e ações mais eficientes de manejo e controle de pragas, por meio da medição da distribuição espacial de percevejos da espécie *Euschistus heros* (F.) na área com cultivo de soja com as ferramentas geoestatísticas.

Material e Métodos

1-Local experimental

Os dados utilizados nesse estudo foram coletados no campo experimental da Embrapa Soja no Distrito de Maravilha (Londrina-PR), com as coordenadas " 23° 28' 44" S; 50° 59' 03" O, e altitude média de 465 m, com área de aproximadamente 3,38 ha. Foram realizadas quatro amostragens com pano de batida para a coleta de percevejos da espécie *Euschistus heros* (Fabricius) e nessa amostragem foram consideradas as ninfas grandes e adultos, as quais não são mais

prejudiciais para a cultura da soja. A coleta ocorreu em 09/03/2011, estando a soja em R6. Na área experimental foram amostrados e georreferenciados 338 pontos numa grade de 10 X 10 m. Foi utilizado nesta coleta o aparelho GPS de navegação marca Garmin, modelo MAP 62. O mapa amostral antes da retirada dos *outliers* (Figura 1).

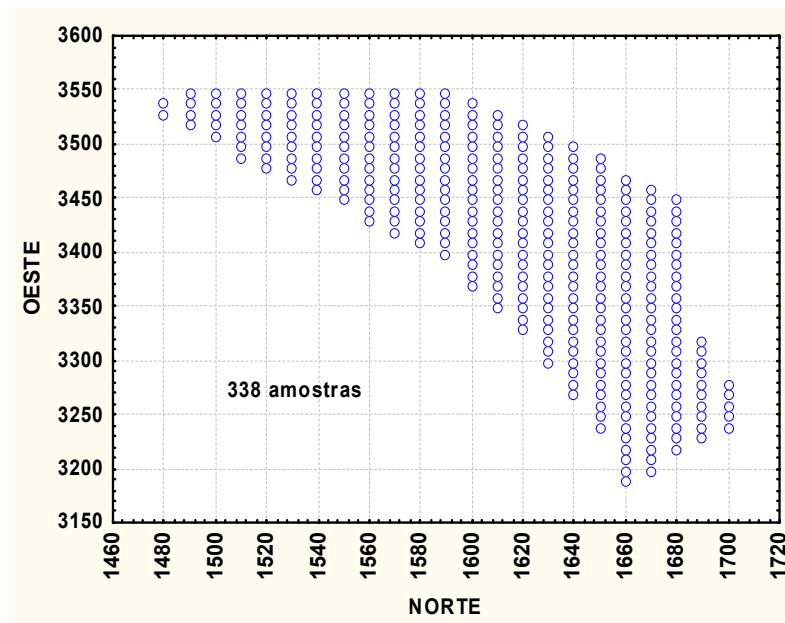


Figura 1. Mapa de amostragem em malha regular com 338 amostras na presença de outliers para a distribuição espacial de *Euschistus heros*.

2-Métodos exploratórios

Pelo programa SAS-Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE, 2001) foram realizadas as estatísticas descritivas como: a média, a mediana, os coeficientes de assimetria, de curtose, de variação e o teste de normalidade Shapiro-Wilk (1965). Os gráficos como: o *boxplot*, a carta de controle e histograma de frequência foram elaborados pelo software Statistica versão 7.1, (2001) para detectar dados discrepantes ou *outliers* que podem invalidar as respostas da pesquisa e avaliar a distribuição da praga da soja. No *boxplot* são apresentadas as estatísticas como: a mediana (q_2), os quartis inferior e superior (q_1 , q_3) e a diferença entre estes quartis (intervalo interquartil). O ponto central da caixa do *boxplot* é a mediana dos dados. Valores que estão acima e abaixo das linhas do *boxplot* são determinados como *outliers*.

3-Métodos geoestatísticos

Além destes softwares foram também utilizados o Geoest (VIEIRA, 2010) e o Surfer v. 9 para plotar as superfícies obtidas pelo método de krigagem ordinária. Após realizada a análise exploratória e retirados os *outliers* foi aplicado os métodos geoestatísticos com as ferramentas da *krigagem* ordinária, semivariograma ajustado ao melhor modelo e mapa da *krigagem* da área amostrada. O semivariograma é uma função matemática definida para apresentar o nível de dependência entre duas variáveis aleatórias regionalizadas locais e, para exemplificar, pode ser o grau de continuidade dos percevejos em campos experimentais. Ele é usado para modelar dois valores correlacionados no espaço ou no tempo e é pré-requisito para a *krigagem*. A modelagem do semivariograma pode ser ajustada em diferentes estruturas de correlação espacial (OLIVEIRA, 2003). O método mede a variação ou discrepância entre pares de valores separados por uma distância determinada h , nele é possível observar que essa dependência será tanto maior quanto menor for a distância entre os pontos. Resume as nuvens de pontos ($z(x)$, $z(x+h)$) pela média do quadrado das diferenças entre $z(x)$ e $z(x+h)$, para vários valores de h . O semivariograma, pode ser definido matematicamente como:

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

em que:

$Z(x_i)$ é o valor observado da variável x no ponto i ;

$Z(x_{i+h})$ é o valor observado da variável x no ponto $i+h$ e,

$n(h)$ é o número de pares distanciados a uma distância h .

Sendo assim, para o estudo geoestatístico o número de percevejos da espécie *Euschistus heros* foram avaliados pelos semivariogramas com estrutura de covariância exponencial (1), esférico (2) e gaussiano (3) e podem ser apresentados abaixo:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C(0) + C \left[\frac{3}{8} \frac{h}{a} - \frac{1}{8} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & h \leq a \\ C(0) + C, & h > a \end{cases} \quad (1) \quad \gamma(h) = \begin{cases} C(0) + C [1 - e^{-\frac{h}{a}}], & h \leq a \\ C(0) + C, & h > a \end{cases} \quad (2)$$

$$\gamma(h) = \begin{cases} C(0) + C [1 - e^{-\left(\frac{h}{a}\right)^2}], & h \leq a \\ C(0) + C, & h > a \end{cases} \quad (3)$$

A *krigagem* ordinária é um método que utiliza o semivariograma formado pelas variâncias amostrais dos pares de variáveis e suas respectivas distâncias. Para descrever a dependência espacial e a escolha de um modelo geoestatístico para estimar valores em locais não amostrados, ou seja, interpola valores com as condições de considerando considera a estrutura de variabilidade espacial encontrada para o atributo, sendo definida pela equação $\hat{Z}_i = \sum \lambda_j * Z_j$ em que: \hat{Z}_i é o valor interpolado; λ_j o peso atribuído aos valores amostrados; Z_j é o valor do atributo amostrado; n é o número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto, sendo que o somatório dos pesos λ_j deve ser igual a um.

Resultados e Discussão

Na análise exploratória observou-se para o número de percevejos da espécie *Euschistus heros*, que na retirada de outliers os valores de assimetria e curtose foram 0,36 e 0,68 na análise com 330 observações e 0,52 e -0,02 com 320 observações, Já na análise com presença de outliers (338 observações) esse valores foram 2,05 e 9,86. Também foi possível observar que na retirada de outliers o valor do coeficiente de variação das análises com 330 e 320 observações (25,62 e 22,99) apresentaram diminuição em relação ao coeficiente (32,06) da análise com presença de outliers. Nas três situações (338, 330 e 320 observações) os dados não apresentaram normalidade (Tabela 1). No entanto é importante ressaltar que não se deve desconsiderá-las e o bom senso deve prevalecer, pois é comum a ausência de normalidade em dados de distribuição populacional de insetos (Figura 2).

As cartas de controle permitiram detectar os valores discrepantes da mesma forma que o Boxplot (Figura 3 A, B, C e D). Há casos em que a carta de controle é mais precisa em detectar *outliers*. Com 338 observações pode-se observar a presença de *outliers* fora dos limites superiores e inferiores do patamar da carta de controle (A). No gráfico B com a retirada de oito *outliers* é possível observar que ainda há *outliers* fora dos limites do gráfico.

Tabela 1. Estatísticas descritivas para o número de percevejos (*Euschistus heros*) na presença e ausência de outliers, provenientes da amostragem realizada em 09/03/2011, na Fazenda Maravilha, Embrapa Soja.

Testes estatísticos ¹	Dados Originais	Sem 8 outliers	Sem 18 outliers
Tamanho da Amostra	338	330	320
g_1 = Coeficiente de Assimetria	2,05	0,36	0,52
g_2 = Coeficiente de Curtose	9,86	0,68	-0,02
Média	12,08	11,72	11,64
Mediana	11,50	11,50	11,50
Moda	11,50	11,50	11,50
CV= Coeficiente Variação (%)	32,06	25,62	22,99
Shapiro-Wilk	W=0,862 Pr<W=0,00	W=0,972 Pr<W=0,00	W=0,973 Pr<W=0,00

¹A estatística W deve ser não significativa para obtenção de distribuição normal. g_1 = Coeficiente de assimetria; g_2 = Coeficiente de curtose e CV = Coeficiente de variação.

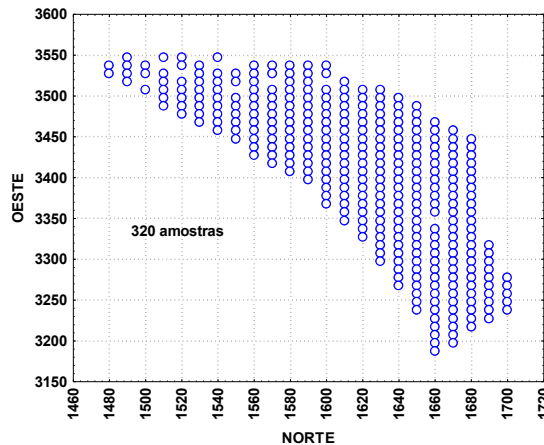


Figura 2. Mapa de amostragem em malha regular com 320 amostras na ausência de *outliers* para a distribuição espacial de *Euschistus heros*.

O analista deve se preocupar se os valores detectados como dados discrepantes se os mesmos não são os objetivos da pesquisa, cuidado e bom senso e integração com o pesquisador é de grande importância. No entanto, no gráfico C já não se observam dados fora do patamar da carta de controle, nesse gráfico foram retirados 18 outliers. Este fato indica que a distribuição populacional não foi uniforme no campo experimental.

Avaliou-se se a contagem de percevejos apresenta dependência espacial e que modelo permitirá avaliar o mapa espacial indicando a estratégia dos insetos para entrar na área experimental na cultura de soja. Além destes procedimentos há também a necessidade de retirar algum efeito ou tendência que interfira na dependência espacial dos dados georreferenciados e neste caso foi retirada a tendência quadrática (Tabela 2).

Com a aplicação da geoestatística os resultados indicaram que o modelo gaussiano foi o que melhor ajustou aos dados se considerarmos que obteve maior valor do coeficiente de determinação (R^2), menor quadrado médio do erro, o ajuste do modelo passa pelos primeiros valores iniciais e o alcance amostral de 69 metros. Nos próximos estudos não são mais necessários que sejam de 10 em 10 metros e sim em torno de 69 metros como obtidos pelo ajuste da estrutura de covariância gaussiana (Tabela 3 e Figura 4). Na região de estudo observou-se que a maior quantidade de percevejos entram pela região próxima da estrada região leste superior e número menores entram por todas as regiões amostradas (Figura 5).

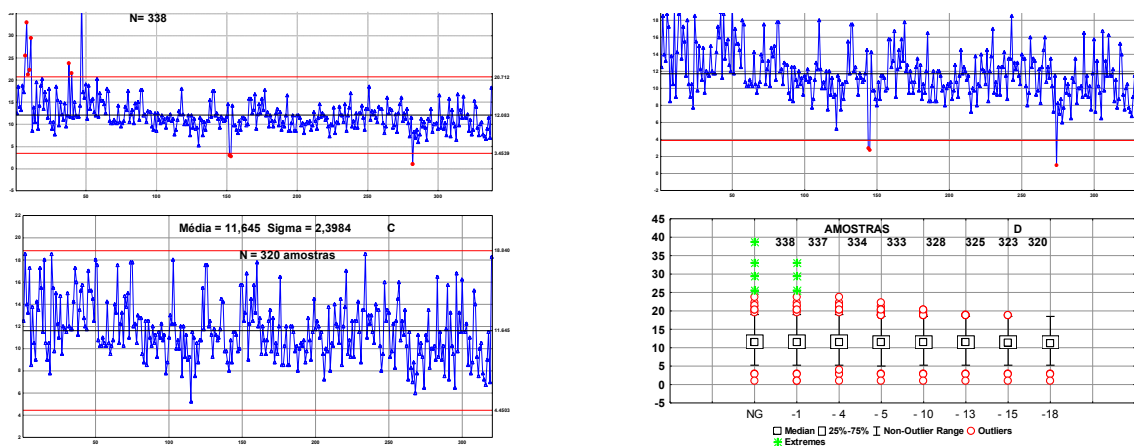


Figura 3. Cartas de controle para a distribuição espacial de *Euschistus heros*, com outliers-338 amostras (A), com 330 (B) e sem a presença de outliers com 320 (C), (IC de 3σ ; -3σ). Boxplot com 338 a 325 (c/outliers) e 320 amostras (s/outliers) (D).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros geoestatísticos, coeficiente de determinação e quadrado médio para a variável número de insetos da espécie *Euschistus heros* retirando tendência quadrática.

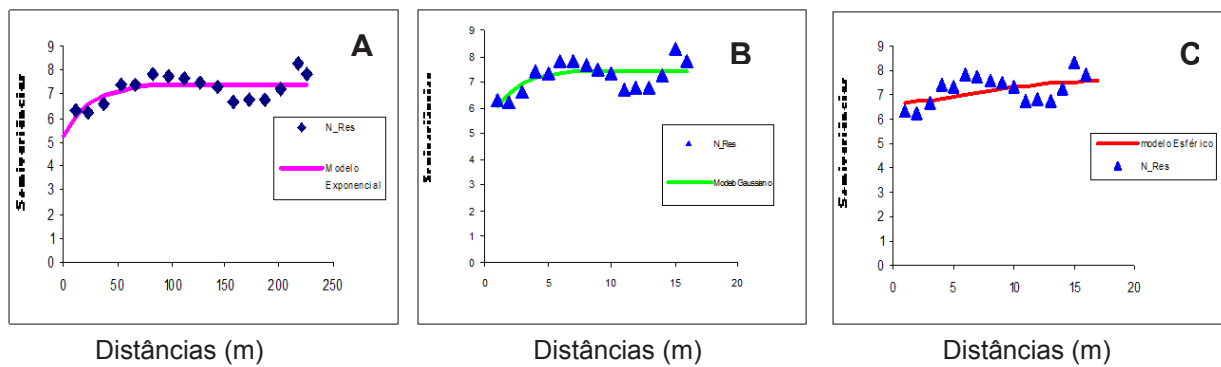
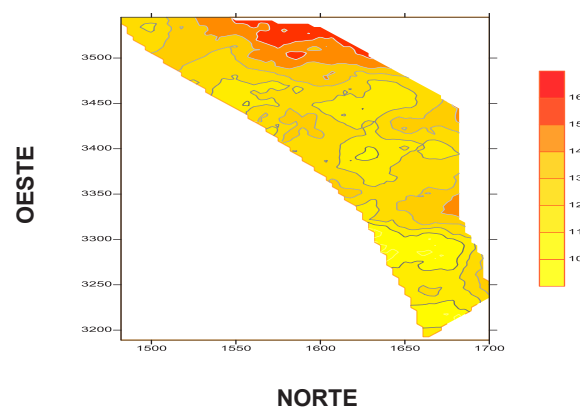
Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	Teste F
Regressão	5	402,1	401,000	62,80
Desvio	314	2005,0	6,385	
Total	319	2407,0		

Coeficiente de Determinação do Ajuste (R^2)= 0,1671

Coeficiente de Correlação (R) = 0,4087

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros geoestatísticos, coeficiente de determinação e quadrado médio do erro para a variável número de insetos da espécie *Euschistus heros*.

Modelos	Efeito Pepita	Patamar	Alcance	Coeficiente de Determinação	Quadrado Médio
	(τ^2)	(σ^2)	(ϕ)	R^2	do erro
Exponencial	5,22726	2,20786	74,90995	0,42966	0,02556
Gaussiano	6,00158	1,43224	69,71731	0,47615	0,02411
Esférico	6,65119	0,90967	235,57541	0,23087	0,03128

**Figura 4.** Semivariogramas utilizando os modelos Exponencial (A), modelo Gaussiano (B) e modelo Esférico (C), para ajustar aos dados georreferenciados de contagem de insetos de *Euschistus heros* no período de 09/03/11.**Figura 5.** Mapa realizado com a krigagem ordinária ajustado pelo modelo gaussiano aos dados de *Euschistus heros*.

Conclusões

- os dados de contagem de percevejos da espécie *Euschistus heros* apresentam dependência espacial;
- a análise exploratória é eficiente para detectar valores discrepantes;

- por meio de mapa obtido pela *krigagem* ordinária é possível detectar a entrada de percevejos na área experimental e a região com cores mais fortes indicam maior infestação, permitindo detectar se algum fator externo contribuiu para a entrada de percevejos.
- com a aplicação dos métodos geoestatísticos é possível reduzir o número de amostras e o custo do experimento, em áreas georreferenciadas na pesquisa com insetos-pragas.

Referências

- COCHRAN, W.G.; COX, G. **Experimental Designs**. 2 ed. John Wiley, New York, 1957. 11p.
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos safra 2012/2013**. Março, 2013. p. 20. 6º levantamento.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S. (Org.). **Soja Orgânica. Alternativas para o manejo dos insetos-pragas**. Embrapa Soja, Londrina 2003. 83 p. il. Autores: Antonio Garcia; Flávio Moscardi; Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira; Wilsimar Adriana A. Peres; Antonio Ricardo Panizzi; Lenita Jacob Oliveira; Clara Beatriz Hoffmann-Campo; Daniel Ricardo Sosa-Gomez; Décio Luiz Gazzoni.
- HIRAKURI, M.H.; OLIVEIRA, A.B. de; TAVARES, L.C.V.; SEIXAS, C.D.S.; PASTORE, A. **Avaliação econômica do cultivo orgânico de soja no Estado do Paraná para a safra 2010/2011**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.9p.il.(Embrapa Soja. Circular técnica, 85).
- NETO, E.A.R. **Uso de geoestatística no estudo espacial de dados e propriedades físicas em solos hidromórficos**. UEL, Londrina. Especialização em estatística experimental, 2009.
- OLIVEIRA, M.C.N. de, CORRÊA-FERREIRA, B.S. Diagnóstico exploratório na análise de dados entomológicos: efeito do diflubenzurom no consumo alimentar de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Dezembro, 1998. p. 627-637, v. 27(4).
- OLIVEIRA, M.C.N. de. **Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariância: uma aplicação ao teor de cálcio no solo**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Tese (Doutorado), 2003.183p.
- SSAS INSTITUTE. **SAS user's guide: statistics**. 6. ed. Cary, 2001. SAS Institute, 2000. 291p, v. 8.2.
- SHAPIRO, S.S.; Wilk, M.B. "An analysis of variance test for normality". *Biometrika*. 52:591-611. 1965
- STATSOFT, INC. **STATISTICA for windows (Computer program manual)**.Tulsa, Oklahoma, USA, 2001.
- SURFER. **Surfer: surface mapping system**. Marc, 2010.
- VIEIRA, S. R. **Curso de Geoestatística**. Curso ministrado na Embrapa Soja, Dezembro, 2010.
- VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. **Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, Berkeley, 1983. 51(3):1-75.