

## **Modelagem da distribuição espaço-temporal de *Macrosiphum avenae* (hemiptera: aphididae) sobre trigo em Santa Maria - RS**

### **Modeling of spatio-temporal distribution of *Macrosiphum avenae* (hemiptera: aphididae) on wheat in Santa Maria - RS**

DOI: 10.34188/bjaerv6n1-004

Recebimento dos originais: 20/12/2022

Aceitação para publicação: 02/01/2023

#### **Deivid Araújo Magano**

Doutor em Engenharia agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria  
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Professor no Departamento de Estudos Agrários - DEAG  
Av. do Comércio 3000 – Bairro Universitário, Ijuí – RS, Brasil  
E-mail: maganodeivid@gmail.com

#### **Maicon Roberto Ribeiro Machado**

Mestre em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas  
Instituição: Agrocambos  
Engenheiro agrônomo  
Rodovia Rota do Sol, RST 453, km152 - Ana Rech, RS, Brasil  
E-mail: maiconmachado30@hotmail.com

#### **Joaquim Almério Jerónimo**

Universidade Licungo  
Professor de Agronomia  
Quelimane: 2400, Moçambique – África Oriental  
E-mail: jjjoaquima@gmail.com

#### **Jerson Vanderlei Carús Guedes**

Pós Doutor na Universidade da Califórnia  
Professor na Universidade Federal de Santa Maria  
Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária Bairro - Camobi, Santa Maria – RS

#### **Ana Paula Schwede Doberstein**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
Acadêmica do curso de graduação de Agronomia do Deag  
Av. do Comércio 3000 – Bairro Universitário, Ijuí – RS, Brasil  
E-mail: anapauladoberstein@gmail.com

### **RESUMO**

A geoestatística assim chamada devido a sua aplicação inicial nas áreas da geologia e mineralogia, hoje é aplicada em todas as áreas ligadas ao estudo de variáveis regionalizadas. Na entomologia agrícola sua aplicação é fundamentalmente no estudo das dinâmicas populacionais de insetos-praga e benéficos, de importância econômica. O conhecimento da dinâmica populacional e distribuição espacial das populações são imprescindíveis para a efetiva aplicação do manejo integrado de pragas, com o tratamento da área em sítio específico. Entretanto, esses estudos na cultura do trigo são escassos no Brasil, apesar da sua importância econômica. Portanto, esse trabalho foi conduzido com

o propósito de estudar a forma de distribuição espacial e temporal de *Macrosiphum avenae*, uma praga nessa cultura. O estudo foi realizado através da construção de semivariogramas para a determinação do grau de dependência espacial entre os dados coletados e posterior confecção dos mapas pela Krigagem ordinária, demonstrando a forma de distribuição da população no espaço e no tempo. Com a aplicação dessas ferramentas, foi possível constatar um grau de dependência espacial forte nas quatro amostragens realizadas. Os resultados levam a concluir que os pulgões na cultura do trigo ocorrem em manchas efêmeras, com padrão agregado.

**Palavras-chave:** Pulgão-da-espiga, agricultura de precisão, geoestatística.

## ABSTRACT

The geostatistics, so named due its initial application in geology and mineralogy studies, currently is applied in all areas related to the study of regionalized variables. In agricultural entomology its application is mainly in the populational dynamics study of pest and benefic insects with economical importance. Knowledge of the populational dynamics and its spatial distribution are essential for the effective implementation of integrated pest management. However, these studies on wheat crops are not so common in Brazil, even considering as a crop with economic importance. Thus, this work was performed with the purpose to study the spatial and temporal distribution form of *Macrosiphum avenae*, an important pest in wheat crop. This study was carried out with semivariograms application, to determine collected data spatial dependence, and maps preparation through ordinary kriging, which show the distribution form of population in space and time. With these tools' application was possible to verify a strong spatial dependence degree on the four performed samplings. The results lead to conclude that the grain aphids in wheat crop occur in ephemeral spots, with aggregated pattern of distribution.

**Keywords:** Grain aphid, precision agriculture, geostatistics.

## 1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é o segundo cereal mais produzido no mundo. No Brasil, a cultura é cultivada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. De acordo com estimativas realizadas pela Companhia Nacional de Abastecimento, o país alcançou produção aproximada de 6 milhões de toneladas na safra 2014/15. Com produtividade de aproximadamente 2,1 toneladas/ha (CONAB, 2015). Dentre os limitantes a produtividade da cultura, a infestação de insetos-praga é um fator de grande importância, destacando-se entre eles os pulgões, a lagarta-do-trigo, a lagarta-militar, o percevejo-barriga-verde e os corós (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2014).

Os pulgões ou afídeos (Hemiptera: Aphididae) presentes na cultura danificam as plantas cultivadas de forma direta, através do consumo da seiva da planta ou de forma indireta, com a injeção de fitotoxinas e transmissão de patógenos. Há relatos de cinco espécies de pulgões na cultura do trigo, dentre estas, o pulgão-da-espiga (*Macrosiphum avenae*) é considerado o maior causador de prejuízos no período reprodutivo. Inicialmente ataca a folha bandeira, para então, se instalar nas espigas, mais especificamente na ráquis ou na base das espiguetas, onde irá consumir

os fotossintatos direcionados para o enchimento dos grãos, dessa forma prejudicando a formação dos mesmos (SALVADORI & TONET, 2001; PEREIRA, SALVADORI, LAU, 2010).

As injúrias causadas em conjunto à elevada prolificidade, caracteriza uma ameaça de elevado potencial para causar drástica redução de produtividade. No entanto, o crescimento populacional destes insetos é contido por predadores, parasitoides e intempéries. Segundo Salvadori (1999) apesar deste controle natural ser satisfatório, ainda assim é necessária a aplicação de inseticidas em anos favoráveis ao desenvolvimento dos afídeos. O manejo integrado de pragas preconiza o controle das pragas, mantendo os inimigos naturais. Nesse sentido, o conhecimento da distribuição espacial e temporal dos insetos na área possibilita a elaboração de um plano de amostragens mais eficiente, permitindo a realização do tratamento nos locais específicos, conforme a necessidade (LIEBHOLD et al., 1993; GALLO et al., 2002). Entretanto, são escassos os trabalhos com distribuição espacial e temporal de pulgões sobre a cultura de trigo no Brasil.

A geoestatística é a ferramenta mais adequada para realizar estudos de distribuição espacial de variáveis regionalizadas caso demonstrem maior similaridade entre si em distâncias menores (LIEBHOLD et al., 1993). Sendo necessária a quantificação da dependência espacial entre elas, através do cálculo das semivariáveis, demonstradas graficamente em um semivariograma, cujo propósito principal é a demonstração quantitativa da dependência espacial. Dessa forma podem-se calcular os parâmetros utilizados na Krigagem, que realiza a interpolação dos dados amostrados para estimar os pontos não amostrados. Conforme Dos santos et al., (2021), o geoprocessamento é considerado um ramo de atividades definido com o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais relacionados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, a fim de gerar novos dados ou informações espaciais ou georreferenciadas, e é uma técnica que vem sendo testada para explicar diversos aspectos do campo agrônômico, inclusive auxiliando nas ações de controle fitossanitário.

Dessa forma, possibilitando a confecção de um mapa que demonstra a forma de distribuição dos indivíduos na área (VIEIRA, 2000; CARVALHO, SILVEIRA e VIEIRA, 2002). O presente trabalho teve como objetivo estudar a forma de distribuição espaço-temporal da população de *Macrosiphum avenae* na cultura do trigo em Santa Maria - RS.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFSM, no município de Santa Maria - RS, nas coordenadas 29°43'50" S, 53°45'25" O, em uma área de 9,47 ha. As cultivares de trigo utilizadas foram BRS 296, quartzo e horizonte, semeadas respectivamente nos dias 12 de junho de 2010, 15 e 16 de junho de 2011, na densidade de 300 sementes viáveis/m<sup>2</sup>, com espaçamento de 17 cm em

sistema de semeadura direta. O clima da região é subtropical úmido, classe “Cfa”, sem estação seca definida e com verões quentes, segundo a classificação de Köppen (MORENO,1961). A área foi cultivada anteriormente com soja, sendo realizado o controle das plantas daninhas em pré-semeadura, com herbicida a base de glifosato e em pós-emergência com metsulfuron-metil 26 dias após a emergência (DAE) das plantas de trigo. Para o controle de doenças foi realizada a aplicação de fungicida a base de tebuconazole no estágio de florescimento. Foram realizadas duas aplicações de 45 kg de nitrogênio/ha em cobertura, sendo a primeira aos 42 DAE e a segunda, 22 DAE. Não foram realizadas aplicações de inseticidas na área.

Os pontos amostrais foram previamente determinados através da marcação do perímetro da área com GPS de navegação Garmin Etrex® e a geração do grid de amostragem de 50 x 50 metros foi realizada com o programa CR Campeiro 7.0® (GIOTTO, 2013), resultando em 37 pontos amostrais, que posteriormente foram demarcados no campo com auxílio do GPS, colocando-se uma estaca identificada em cada ponto. As amostragens foram realizadas a cada 7 dias a partir da ocorrência dos pulgões, nos dias 18/09, 25/09, 02/10 e 09/10 de 2010. Quantificando-se o número de pulgões nas espigas de trigo/m<sup>2</sup> (6 linhas x 0,17 m) em cada ponto, totalizando quatro amostragens de toda a área. Os pulgões foram identificados como *Macrosiphum avenae* Fabricius. Após realizada a coleta dos dados e análise estatística, foram calculadas as semivariâncias através da fórmula (1) proposta por Vieira (2000).

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

em que:

$\gamma^*(h)$  é a semivariâncias estimada para cada distância entre pares de pontos;

$2N(h)$  é o número de pares de variáveis obtidas  $Z(X_i)$ ,  $Z(X_i + h)$ ;  $Z(X_i)$  e  $Z(X_i + h)$  correspondem as variáveis observadas nos pontos  $X_i$  e  $X_i + h$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) separados pela distância  $h$ .

Após o cálculo das semivariâncias, foi realizado o ajuste para os modelos Esférico (2), Exponencial (3) e gaussiano (4) (MELLO, 2004).

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right]; 0 < h < a$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[ 1 - \exp \left( -3 \frac{h}{a} \right) \right]; a < h < d$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[ 1 - \exp \left( -3 \frac{h}{a} \right)^2 \right]; a < h < d$$

em que:  $C_0$  é o efeito pepita;  $C_0 + C_1$  é o patamar;  $a$  é o alcance e  $h$  é a distância.

Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a relação  $C_1/(C_0+C_1)$  e os intervalos propostos por Zimback (2001), que considera: dependência espacial fraca ( $IDE < 25\%$ ); moderada ( $25\% \leq IDE < 75\%$ ) e forte ( $IDE \geq 75\%$ ), indicando que quanto maior o valor do grau de distribuição (GD) de um modelo, maior a dependência espacial, e maior estrutura de continuidade espacial. O IDE é dado pela Equação 5:

$$IDE = \left( \frac{C}{C_0 + C_1} \right) \times 100$$

em que: IDE é o índice de dependência espacial; C é a variância estrutural e  $C_1 + C_0$  é o patamar.

A constatação da existência de dependência espacial foi realizada por meio de semivariogramas, testando-se os modelos linear, exponencial, gaussiano e esférico. Posteriormente procedeu-se a confecção dos mapas de distribuição espacial e temporal por meio da Krigagem ordinária com a utilização do software geostatístico GS+®. Este software seleciona o modelo de semivariogramas baseado na metodologia dos mínimos quadrados para os ajustes dos modelos e como critérios de seleção do modelo utiliza o coeficiente de determinação e soma dos quadrados dos resíduos. Os mapas gerados demonstram a distribuição da densidade de *M. avenae* na área amostrada, sendo dividida em classes de acordo com as quantidades aferida nas amostragens.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados pelas quatro amostragens realizadas na área foram submetidos à análise variográfica (Tabela 1), resultando em forte dependência espacial em todas as amostras. Os modelos que melhor se ajustaram às semivariâncias calculadas foram o esférico nas amostragens 1,2 e 4 e exponencial na amostragem 3. Riffel et al. (2012) afirmou que o modelo esférico e exponencial são os mais comuns no estudo da distribuição espacial de insetos.

Tabela 1. Parâmetros variográficos do número de indivíduos da espécie *M. avenae* em Santa Maria, RS.

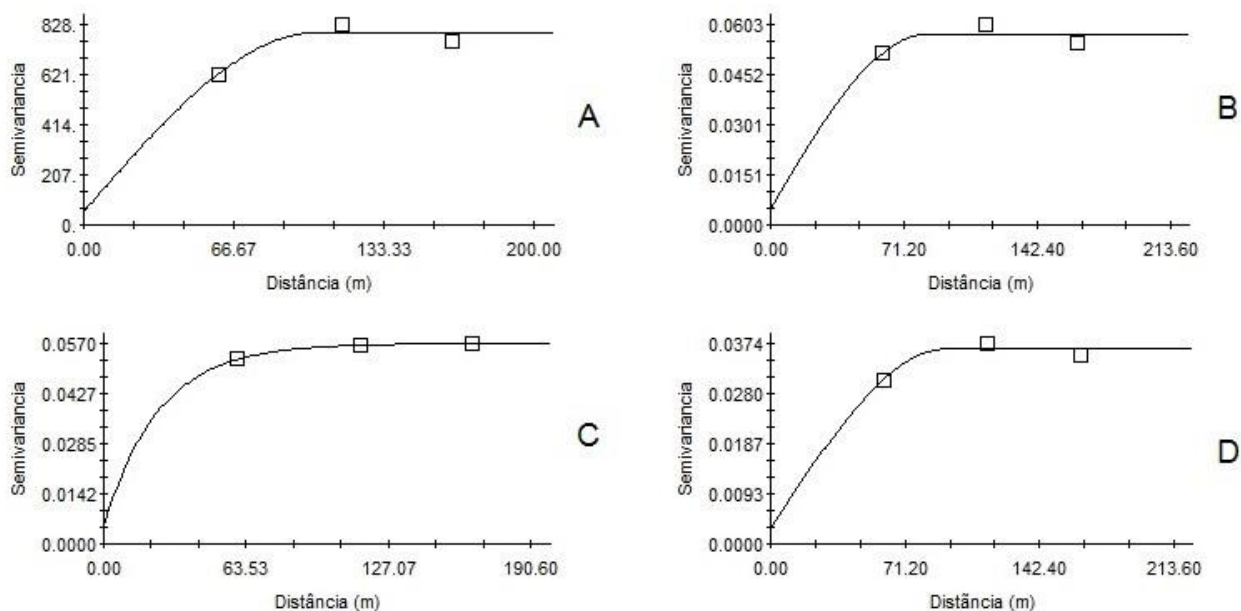
Amostragem	Modelo	C <sub>0</sub>	C+0	A	R <sup>2</sup>	SQR	C/(C +C <sub>0</sub> )	DE
18/09	Esférico	54,0	795,1	103,9	0,9	2204	0,93	Forte
25/09	Esférico	0,0047	0,0574	83,2	0,576	1,595E-5	0,92	Forte
02/10	Exponencial	0,005	0,057	24,5	1,0	3,847E-9	0,99	Forte
09/10	Esférico	0,0028	0,0364	93,4	0,913	2,082E-6	0,92	Forte

Co: efeito pepita; (C+C<sub>0</sub>): patamar; A: alcance (m); R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; SQR: soma dos quadrados dos resíduos; C/(C+C<sub>0</sub>): Índice de dependência espacial; DE: classe de dependência espacial.

Todos os semivariogramas ajustados pelo método dos quadrados mínimos enquadraram-se na classe de dependência espacial forte (Tabela 1; Figura 1). De acordo com Ricklefs (2003), os padrões de agregação dividem-se em aleatório, uniforme ou agregado, sendo o último o mais comum na natureza, pois os indivíduos apresentam tendência natural de se agregar para finalidades como segurança, reprodução e acasalamento. Segundo Jesus, Redaelli e Romanowski (2002), o padrão de agregação é influenciado por diversos fatores ecológicos (*e.g.*, oviposição, presença de inimigos naturais, qualidade do substrato). Esse comportamento ocorre devido ao voo aleatório dos adultos alados, responsáveis pelo estabelecimento inicial da população de pulgões (FIEVET et al., 2007).

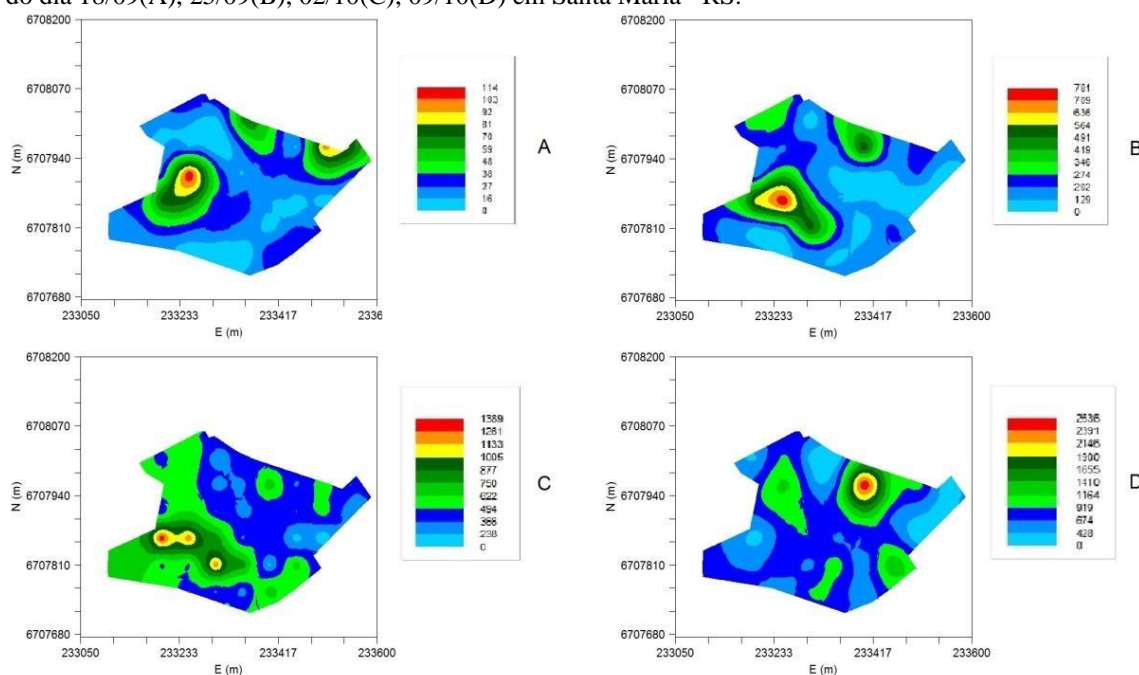
A partir dos alcances demonstrados na Tabela 1 também se pode inferir o espaçamento dos pontos amostrais para essa área. O alcance, segundo Vieira (2000), é a distância máxima a partir da qual não ocorre dependência espacial entre os pontos, *i.e.*, semivariâncias não varia com o aumento da distância, como ilustrado na Figura 1. Dessa forma, para que a distribuição espacial da população seja representada com fidelidade, a distância máxima entre os pontos amostrais deve ser igual ou menor que o alcance obtido.

Figura 1. Semivariogramas das amostragens do dia 18/09, 25/09, 02/10, 09/10 (A, B, C e D) ajustados pelos modelos esférico (A, B e D) e exponencial (C).



Após a confirmação da dependência espacial entre os pontos amostrados, pode-se realizar a Krigagem ordinária para interpolar os valores, permitindo o agrupamento dos dados em um mapa (Figura 2).

Figura 2. Mapas demonstrando a distribuição espacial da população de *M. avenae* correspondentes as amostragens do dia 18/09(A), 25/09(B), 02/10(C), 09/10(D) em Santa Maria –RS.



Analisando a evolução das manchas no tempo, pode-se observar a variação da distribuição população de pulgões na área, essa dinâmica também foi observada anteriormente por Winder et al. (1999) e Fievet et al. (2007) que constataram que a população de pulgões apresenta uma elevada mobilidade, mudando sua distribuição a cada semana. Winder et al. (1999) também constatou que o padrão inicial de distribuição da população de pulgões é dependente do estabelecimento dos adultos por imigração ou saída da diapausa. Fievet et al. (2007) sugere que apesar da ação das intempéries, da predação e parasitismo, a dinâmica populacional é determinada primariamente pelos processos de colonização.

Os mapas demonstram graficamente o padrão de agregação da população de *M. avenae*, se distribuindo em classes conforme a densidade populacional, podendo-se observar três zonas de densidades, alta, média e baixa. Essas zonas de densidade devem ser tratadas individualmente, através do monitoramento e controle caso alcance o nível de controle. Essa abordagem facilita a implementação do manejo integrado de pragas, sendo realizado o monitoramento e controle localizado individual para cada zona de manejo, permitindo a preservação dos inimigos naturais além da redução dos custos com aplicação de inseticidas.

#### 4 CONCLUSÃO

A abordagem geostatística demonstrou-se eficiente para o estudo da distribuição espacial e temporal, possibilitando a análise da dinâmica populacional. Os resultados obtidos demonstram que o *Macrosiphum avenae* ocorre de forma agregada com manchas efêmeras.

## REFERÊNCIAS

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**, v. 37, n. 1, p. 1151–1159, 2002.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 4º Levantamento Grãos - Safra 2014/15, Brasília, p. 1-98, Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15\\_01\\_09\\_09\\_00\\_21\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_graos_janeiro_2015.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2015.

DOS SANTOS; ARAÚJO, R. G. de; NERIS, J. P. F.; SOUSA, J. S. DE; SILVA, B. K. S. DA; SILVA, V.S.; FREITAS, T.P.M. de Spatial and temporal analysis of fire focuses in the city of Anapu, Pará. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 487-496 jan./mar. 2021.

FIEVET, V.; DEDRYVER, C. A.; PLANTEGENEST, M.; SIMON, J. C.; OUTREMAN, Y. Aphid colony turn-over influences the spatial distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* over the wheat growing season. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 9, p. 125–134, 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, N. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 327 – 343.

GIOTTO, E.; CARDOSO, C.D.V.; SEBEM, E. Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 7 - Volume I/ organizadores: Enio Giotto, Claire Delfini Viana Cardoso, Elódio Sebem. – Santa Maria: UFSM – Laboratório de Geomática, 2013.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2014. IAPAR, Londrina, 2014. Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/banner%20pequeno/trigotriticalelivro2014.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

JESUS, C. R; REDAELLI, L. R; ROMANOWSKI, H. P. Population Dynamics and Spatial Distribution of *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) Adults on *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae). **Neotropical Entomology**,

v. 31, n. 4, p. 541–549, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ne/v31n4/a06.pdf>>. Acesso em: 03/01/2015.

LIEBHOLD, A. M.; ROSSI, R. E.; KEMP, W. P. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. **Annual Review of Entomology**, v.38, p.303-327, 1993.

MELLO, J. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. 111f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, 2004. 111p. (Tese de Doutorado). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-06122004-100612/pt-br.php>>. Acesso em: 15 out. 2014.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.



PEREIRA, P. R. V. da S.; SALVADORI, J. R.; LAU, D. Lucro sugado. **Grandes Culturas**, n. 132, p. 18–21, 2010.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara/Koogan, 2003. 470 p.

RIFFEL, C. T.; GARCIA, M. S.; SANTI, A. L.; et al. Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2112-2119, 2012.

SALVADORI, J. R. **Controle biológico de pulgões de trigo: sucesso que perdura**. Passo Fundo: Embrapa, 1999.  
(Comunicado Técnico). Disponível em:< [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co27.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co27.htm)>. Acesso em: 13 jan. 2015.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo integrado dos pulgões de trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2001. 52 p.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F. de; Alvarez, V. V. H.; SCHAEFER, G. R. (ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.

WINDER, L.; PERRY, J. N.; HOLLAND, J. M. The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* in winter wheat. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**. v. 93, p. 277–290, 1999.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001, 112f. Tese (Livre-Docência em Levantamento de Solos e Fotopedologia), Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.