

# ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO NÍVEL DE INFESTAÇÃO DO BICHO-MINEIRO *Leucoptera coffeella*, (Guérin-Menèville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) EM CAFEZAL ORGÂNICO (*Coffea arabica* L.)

João Domingos Scalon<sup>1</sup>, Ana Lúcia Souza Silva Mateus<sup>2</sup>, Mauricio Sergio Zacarias<sup>3</sup>

(Recebido: 08 de junho de 2012; aceito: 08 de novembro de 2012)

**RESUMO:** O bicho-mineiro do cafeeiro *Leucoptera coffeella*, é a praga-chave da cafeicultura no Brasil. Essa praga é importante por causar perdas de até 50% da produção em função da perda da área de fotossíntese em consequência de necroses na superfície da folha. Sabe-se que o entendimento da dinâmica espacial e temporal de insetos é importante no contexto do controle biológico de pragas. Objetivou-se, neste trabalho, utilizar os métodos propostos por Diggle et al. (1995) para analisar as relações espaciais e temporais da intensidade de infestação de bicho-mineiro em um cafezal orgânico em formação. Para a realização desse trabalho coletou-se, mensalmente, entre junho 2005 e março 2007, dez folhas de 35 pontos localizados em uma área de um hectare de um cafezal orgânico (*Coffea arabica* L.). Caso o número de folhas minadas fosse superior a 30%, considerava-se que o ponto de coleta estava infestado pela praga. Para analisar as relações espaciais e temporais da intensidade de infestação do bicho-mineiro no cafezal, utilizou-se uma adaptação da função *K* de Ripley. O método conseguiu identificar claramente a ausência de interação espaço-tempo na infestação do bicho-mineiro e um evidente comportamento de conglomerado no tempo. Conclui-se que o local da infestação é independente do mês em que ela ocorreu.

**Termos para indexação:** Função *K*, café, dinâmica populacional, pragas.

## SPACE-TIME ANALYSIS OF LEVEL INFESTATION OF THE COFFEE-LEAF-MINER *Leucoptera coffeella*, (Guérin-Menèville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) IN AN ORGANIC COFFEE (*Coffea arabica* L.)

**ABSTRACT:** The coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*, (Guérin – Menèville & Perrottet, 1842) is a key pest in coffee plantations in Brazil. This pest is important because causes losses of up to 50% in the production of coffee, depending on the loss of area of the photosynthesis, as result of necrosis on the surface of the leaf. It is well known that the understanding of the spatial distribution of insects is important in the context of biological control of pests in organic production. So, the goal of this study is to use the methods proposed by Diggle et al. (1995) to analyze the spatial and temporal relationships of the intensity of infestation of the coffee-leaf-miner on an organic coffee plantation in training. For this work, it was collected, monthly, between June 2005 and March 2007, ten leaves from 35 points located in an area of one hectare of an organic coffee plantation (*Coffea arabica* L.). Once the number of mined lives was superior to 30%, the sample point was considered infested. To analyze the spatial and temporal relationships of the intensity of infestation of the coffee leaf miner in the plantation, we used an adaptation of Ripley's *K* function. The method was able to identify clearly the absence of space-time interaction in the infestation of the coffee leaf miner and an evident cluster behavior in time. We conclude that the location of the infestation is independent of the month which it occurred.

**Index terms:** *K* function, coffee, population dynamics, pests.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se no cenário mundial como o maior produtor e exportador de café com produção estimada de 43,15 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2011/2012, sendo responsável por, aproximadamente, 25% da produção mundial (CANUTO, 2011). Embora a atividade da cultura do café, historicamente, esteja intimamente ligada ao desenvolvimento econômico do Brasil e ainda com potencial de crescimento, também há fatores limitantes tais como as doenças e as pragas. Entre as pragas-

chave da cultura no Brasil, destaca-se o bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*).

As lagartas do bicho-mineiro, após a eclosão, penetram na folha e alojam-se entre a epiderme superior e inferior, alimentando-se do parênquima foliar, formando minas, daí o nome bicho-mineiro. Quando em altos níveis populacionais, pode provocar desfolhas de até 70%. Com a diminuição da fotossíntese há queda na produção que pode atingir 50% (SOUZA; REIS; RIGINATO, 1998).

Atualmente, o controle químico é o mais utilizado pelos produtores de café no Brasil para

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Ciências Exatas/DEX - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - scalon@dex.ufla.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Amazonas/UFAM - Instituto de Ciências Exatas/ICEX - 69100-000 - Itacoatiara - AM - anamateus@ufam.edu.br

<sup>3</sup>Embrapa Café/EPAMIG - URESM - EcoCentro - Cx. P. 176 - 37.200-000 - Lavras - MG - mauricio.zacarias@embrapa.br

o combate ao bicho-mineiro (MENDONÇA et al., 2006). Esse controle é feito através de pulverizações, ou com granulados sistêmicos aplicados no solo. Porém, a prática pode resultar em outros problemas, como o desequilíbrio biológico e o desenvolvimento de outras pragas como o ácaro vermelho, o que leva os pesquisadores a buscarem novas soluções, incluindo o controle biológico (PARRA; BATISTA; ZUCCHI, 1992; REIS; SOUZA; ZACARIAS, 2006).

Sabe-se que a ocorrência de populações do bicho-mineiro está relacionada a fatores climáticos, tais como a temperatura e a umidade relativa, sistema de condução da lavoura (lavouras mais arejadas tendem a favorecer o ataque da praga), presença ou ausência de inimigos naturais como parasitóides, predadores e entomopatógenos, presença ou ausência de plantas daninhas, aplicação de fungicidas cúpricos, ciclo bienal do cafeeiro e problemas nutricionais, entre outros. Esses fatores atuando isolados, ou conjuntamente, poderão determinar maiores ou menores infestações da praga em determinadas áreas da plantação e em certos períodos do ano (REIS; SOUZA, 1998).

Deste modo, o conhecimento da dinâmica do padrão espacial e temporal do bicho-mineiro em cultivos de cafeeiro pode ser importante, no contexto do controle biológico dessa praga, para um manejo mais preciso, tendo em vista a produção mais sustentável. Nos últimos anos, observa-se um crescimento no número desses trabalhos (AGUIAR; RAUCH; BAR-YAM, 2004; KING; HASTINGS, 2003).

Cárdenas et al. (2003) ressaltam que, tradicionalmente, o estudo dos padrões de dispersão espacial e temporal de insetos têm sido descritos usando-se índices baseados na variância entre as amostras e sua relação com a média, tais como os índices de David e Moore (1954), Fisher (1927) e Morisita (1962).

Estes índices, que são aplicados em diferentes tempos, apesar de úteis, podem não ser totalmente adequados, pois podem falhar em distinguir as diferentes configurações espaciais presentes na população, pois, entre outros problemas, não levam em conta a localização das amostras (CRESSIE, 1993). Além disso, a independência entre dois tempos consecutivos pode ser questionada. Assim, para uma completa descrição da interação espacial e temporal de insetos é necessário utilizar técnicas que não somente levem em conta a localização das amostras, mas também, a dependência entre os tempos de coleta.

Para análise espaço-temporal do bicho-mineiro podem-se utilizar diversos tipos de dados tais como o número de folhas minadas ou o número de minas novas (SCALON et al., 2011a, 2011b). Alternativamente, pode-se utilizar um nível de controle para caracterizar o nível de infestação do cafezal. Quando o número de folhas minadas for superior ao nível de controle de 30%, então a plantação pode ser considerada infestada (REIS; SOUZA; ZACARIAS, 2006). Aplicando esse nível de controle em todos os locais de coleta, obtém-se uma variável binária que indica se o local está ou não infestado. O resultado é um diagrama de pontos que recebe o nome de padrão pontual cujas coordenadas são os locais infestados.

Diggle et al. (1995) propõe utilizar a função  $K$  de Ripley (1977) para analisar a interação espacial e temporal em padrões pontuais para dados contínuos no tempo e no espaço. O método permite a estimação da interação espaço-tempo para diferentes escalas. Essa técnica vem sendo usada para análise espaço-temporal em diversas áreas tais como epidemiologia (DIGGLE et al., 1995; ROBERTSON, 2010), veterinária (CARSLAKE et al., 2005; OYANA; DAÍ; SCOTT, 2006), agricultura (GARCIA, 2006; RODE et al., 2010) e economia (ARBIA; ESPA; QUAH, 2008; ARBIA et al., 2010).

Objetivou-se, no presente trabalho, utilizar os métodos propostos por Diggle et al. (1995) para analisar as relações espaciais e temporais da intensidade de infestação de bicho-mineiro, em um cafezal orgânico em formação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### Experimental

O estudo foi realizado em área de produção de café orgânico com dois anos de idade da Cultivar Catucaí, da Fazenda Cachoeira, localizada no município de Santo Antônio do Amparo - MG, localizada a 1013 metros de altitude, com 20°53' de latitude sul e 44° 57' de longitude oeste. O espaçamento entre linhas de cultivo é de 4,5 m e nas linhas é de 0,5 m entre cada planta. Durante o desenvolvimento da cultura não foi realizado nenhum tratamento fitossanitário.

As amostragens das folhas dos cafeeiros foram realizadas mensalmente, de junho de 2005 até março de 2007, em uma área de aproximadamente um hectare. Selecionaram-se cinco linhas e, em cada uma das linhas foram marcados sete pontos amostrais para obter uma grade, aproximadamente regular, de 35 pontos de

amostragem. Para todos os pontos foram obtidas as coordenadas cartesianas (em metros) em que a coordenada (0, 0) foi posicionada no canto inferior esquerdo da plantação.

Em cada um dos 35 pontos da grade, formado por um ou dois cafeeiros, foram coletadas 10 folhas, ao acaso, nos terços médios das plantas. As folhas foram devidamente identificadas por etiquetas e levadas para o Laboratório da EPAMIG - CTSM/EcoCentro, localizado em Lavras/MG, para realização da contagem do número das seguintes variáveis: folhas minadas, minas novas, minas predadas, minas velhas, lagartas vivas, lagartas mortas, lagartas parasitadas e vespas.

### Testes estatísticos para detecção de agrupamentos espaço-temporais

A função  $K(s,t)$ , proposta por Diggle et al. (1995), para análise de agrupamentos no espaço-tempo é representada pelo número esperado de pontos dentro de uma distância espacial  $s$  e um intervalo de tempo  $t$  até um ponto arbitrário, ponderado pelo número esperado de pontos por unidade de espaço e tempo. O estimador da função  $K(s, t)$ , com correção para o efeito de borda, é dado pela equação

$$\hat{K}(s,t) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_s(d_{ij}) I_t(t_{ij}) w_{ij}^{-1} v_{ij}^{-1} R_s R_t \quad (1)$$

em que  $R_s$  é o número de pontos na grade de estudo,  $R_t$  é o número de pontos no tempo,  $n$  é o número total de eventos no mapa analisado,  $d_{ij}$  é a distância espacial entre os eventos  $i$  e  $j$  ( $i \neq j$ ),  $t_{ij}$  é a distância temporal entre os eventos  $i$  e  $j$  ( $i \neq j$ ),  $I_t$  é uma função indicadora igual a 1, quando  $d_{ij}$  é menor que a distância  $s$  e 0, caso contrário,  $I_s$  é uma função indicadora igual a 1, quando  $t_{ij}$  é menor que um tempo  $t$  e 0, caso contrário,  $w_{ij}$  representa a proporção da circunferência de um círculo com centro em  $i$ , passando pelo ponto  $j$ , que se encontra dentro da área  $R_s$ ,  $v_{ij}$  representa um seguimento de reta, centrado em  $i$ , de comprimento  $t_{ij}$ , que se encontra dentro do tempo total  $R_t$ .

Estimadores individuais para as funções  $K$  no espaço  $K(s)$  e no tempo  $K(t)$  podem ser obtidas diretamente da equação (1) e são dadas por

$$\hat{K}(s) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_s(d_{ij}) w_{ij}^{-1} R_s, \quad (2)$$

$$\hat{K}(t) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n I_t(t_{ij}) v_{ij}^{-1} R_t. \quad (3)$$

Diggle et al. (1995) observam que se os processos temporal e espacial operam independentemente (ausência de interação espaço-temporal), então espera-se que  $\hat{K}(s,t) = \hat{K}(s)\hat{K}(t)$ .  $\hat{K}(s,t) > \hat{K}(s)\hat{K}(t)$  Se então existe uma interação espaço-tempo positiva. A partir dessa propriedade, podem-se obter duas novas medidas para estimar o grau de interação espaço-tempo.

A primeira delas mede o grau de agrupamento espaço-tempo adicional que é dada por

$$\hat{D}_0(s,t) = \hat{D}(s,t) / [\hat{K}(s)\hat{K}(t)] \quad (4)$$

Para a hipótese nula de independência espaço-temporal, esperam-se valores de zero para (4). Quanto mais afastado de zero estiverem os valores positivos, maior é a interação de agrupamentos no espaço-tempo (interação positiva). Se os valores forem negativos, conclui-se que há agrupamento no tempo ou no espaço, mas não em ambos, ou seja, há uma interação negativa entre espaço e tempo. Como consequência, a presença de interação espaço-temporal pode ser revelada através de picos no gráfico da superfície tridimensional de  $\hat{D}(s,t)$  contra a distância espacial  $s$  e a sequência de tempo  $t$ .

A segunda delas é o aumento proporcional do agrupamento espaço-tempo que é devido à interação espaço-temporal. Essa medida é calculada por

$$\hat{D}_0(s,t) = \hat{D}(s,t) / [\hat{K}(s)\hat{K}(t)] \quad (5)$$

Similarmente, a função  $\hat{D}(s,t)$ , a superfície tridimensional da função  $\hat{D}_0(s,t)$  pode ser colocada em um gráfico contra a distância espacial  $s$  e a sequência de tempo  $t$ , para verificar a presença de interação espaço-temporal.

As medidas dadas pelas expressões (4) e (5) apresentam valores esperados iguais à zero sob a hipótese nula de independência espaço-temporal e não apresentam distribuições amostrais conhecidas. Assim, para conduzir testes contra a hipótese de não interação espacial e temporal e

construir intervalos de confiança é necessário utilizar o método de computação intensiva de Monte Carlo. Para tal, as coordenadas dos tempos dos casos são reordenadas aleatoriamente em relação às coordenadas de localização. Esse procedimento destrói qualquer interação espaço-tempo presente nos dados. Um valor particularmente elevado das estatísticas de testes apresentadas nas equações (4) e (5), entre as estatísticas obtidas nas configurações simuladas constituiria uma evidência de interação espaço-tempo (DIGGLE et al., 1995). A partir desse procedimento pode-se obter o valor-p empírico que é dado por  $p\text{-valor} = (nsim + 1 - rdst) / nsim$ , em que  $nsim$  é o número de simulações Monte Carlo realizado e  $rdst$  é a posição (em ordem crescente) da soma dos resíduos dos dados originais.

Outra forma de diagnosticar a interação espaço-tempo é por meio do gráfico dos resíduos padronizados  $R(s,t)$ , versus o produto das funções  $K$  temporal e espacial (DIGGLE et al., 1995). Os  $R(s,t)$  são dados por:

$$\hat{R}(s,t) = \hat{D}(s,t) / \sqrt{\hat{V}(s,t)}, \quad (6)$$

em que  $\hat{V}(s,t)$  é a variância do grau de agrupamento espaço-tempo adicional dado pela equação (4). Pode-se observar que na ausência de qualquer interação,  $\hat{R}(s,t)$  tem esperança zero e variância igual a um.

Diggle et al. (1995) sugerem que, se a maioria dos valores de  $\hat{R}(s,t)$  estiver fora dos limites de  $\pm 2$  desvios-padrão, então existem indícios de interação espaço-tempo.

Todos os cálculos utilizados neste trabalho foram feitos utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011), conjuntamente com a biblioteca *splancs* (ROWLINGSON; DIGGLE, 1993).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 expõe as configurações espaciais dos níveis de infestação mensal do bicho-mineiro do cafeeiro, de junho de 2005 até março de 2007, para cada um dos trinta e cinco pontos de coleta.

Na Figura 1, consta a presença de agrupamentos de infestação do bicho-mineiro no tempo, o que pode ser devido a vários fatores, entre eles a precipitação pluviométrica. Pode-se observar que os meses com os maiores níveis de infestação foram os meses com as menores precipitações de chuva. Esses agrupamentos já

eram esperados, pois nos períodos de altos índices de precipitação pluviométrica existe uma baixa incidência da praga, uma vez que a água entra na mina e afoga as larvas. Nos meses mais secos do ano, o bicho-mineiro apresenta uma menor taxa de mortalidade, ocorrendo um aumento considerável da quantidade de infestações (REIS; SOUZA, 1998; REIS; SOUZA; ZACARIAS, 2006).

Estes resultados colaboram os obtidos por Scalon et al. (2011b) que, utilizando técnicas de geoestatística, observaram que nos meses mais secos houve uma infestação maciça de bicho-mineiro por toda a plantação de orgânica, enquanto nos meses mais chuvosos a praga praticamente desapareceu da plantação. Os autores não conseguiram detectar explicitamente agrupamentos no espaço. Em um outro trabalho, Scalon et al. (2011a), utilizando índice de Morisita (1962) juntamente com o método *bootstrap*, também comprovaram que a incidência do bicho-mineiro do cafeeiro apresenta um comportamento sazonal com um sincronismo temporal, sugerindo deste modo a formação de agrupamentos no tempo. Com relação aos agrupamentos no espaço, os autores detectaram alguns meses com agrupamento e outros meses que exibiram regularidade espacial do bicho-mineiro na plantação. Na maioria dos meses, obtiveram-se configurações espaciais completamente aleatórias para a incidência da praga. Nesse mesmo trabalho, os autores sugerem que pode existir algum tipo de interação espaço-tempo do bicho-mineiro e aponta para a necessidade de mais estudos estatísticos para comprovar a existência de padrão espaço-temporal condicionado à presença de bicho-mineiro, na lavoura de café.

Tuelher et al. (2003) também concluíram haver uma influência do período estacional e das altitudes na infestação do bicho-mineiro do cafeeiro.

Não é possível avaliar-se visualmente pela Figura 1, a presença de agrupamentos de infestação do bicho-mineiro no espaço. Utilizando os estimadores individuais para as funções  $K$  no espaço  $K(s)$  (equação 1) e no tempo  $K(t)$  (equação 2) e 1000 simulações Monte-Carlo sob a hipótese nula de completa aleatoriedade, comprovaram-se estatisticamente as análises visuais da Figura 1, ou seja, aceitou-se a hipótese nula de completa aleatoriedade espacial (valor-p = 0,97) e rejeitou-se a hipótese nula de completa aleatoriedade temporal (valor-p = 0,02).

As análises anteriores não possibilitam avaliar a interação espacial-temporal na

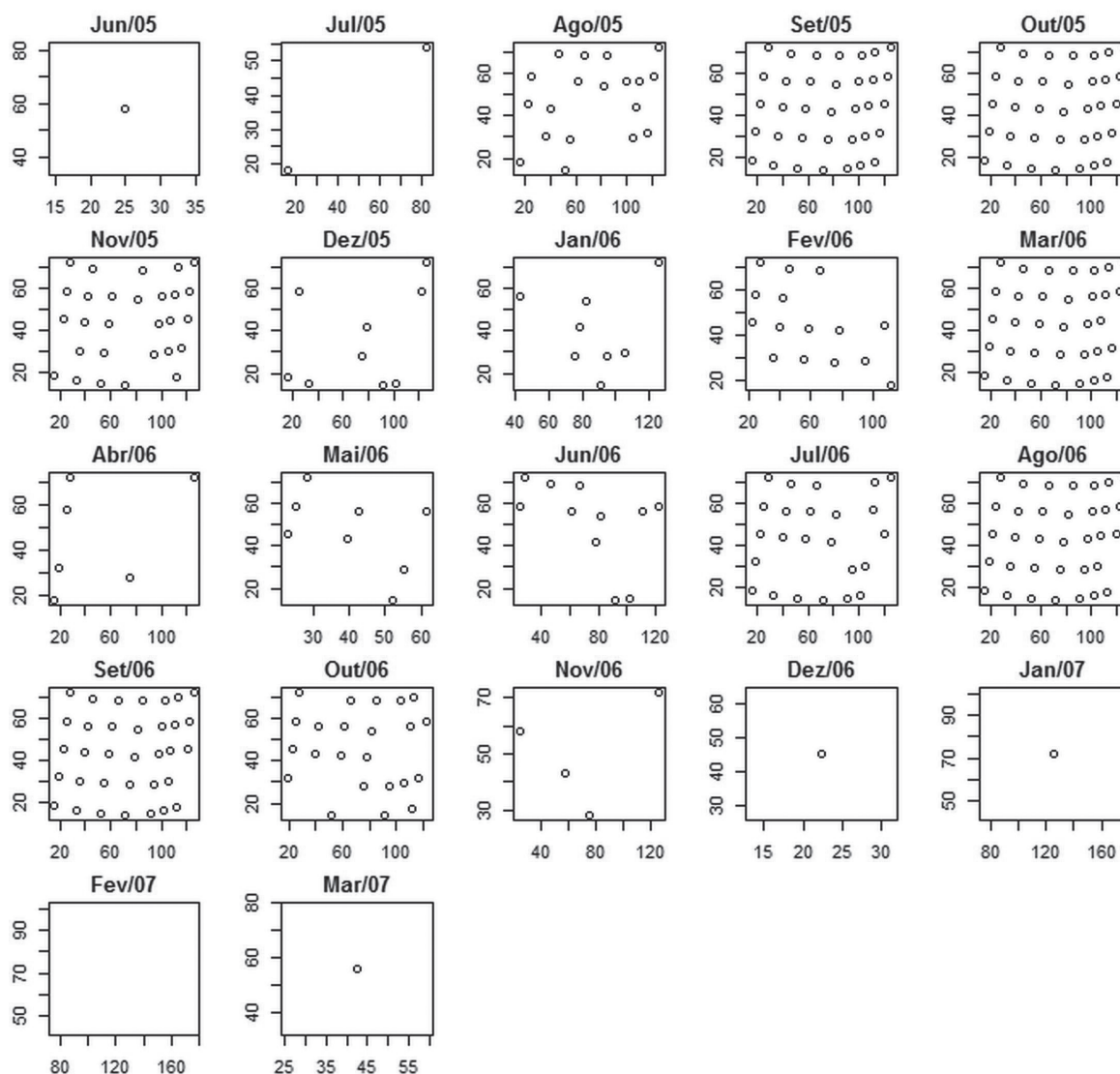
intensidade de infestação do bicho-mineiro. Para obter essas avaliações, utilizam-se os gráficos de contorno de  $D(s,t)$  e de resíduos padronizados conforme mostra a Figura 2.

Observa-se na Figura 2A que todos os valores dos contornos  $D(s,t)$  são negativos e, portanto, não suportam evidências significativas da hipótese de interação espaço-tempo. Assim, essa análise sugere a presença de agrupamentos espaciais ou temporais, mas não em ambos. O gráfico dos resíduos padronizados (Figura 2B) também é um indício que a interação espaço-tempo não é significativa, ou seja, aceita-se a hipótese nula de independência espaço-temporal de agrupamento, fato este que

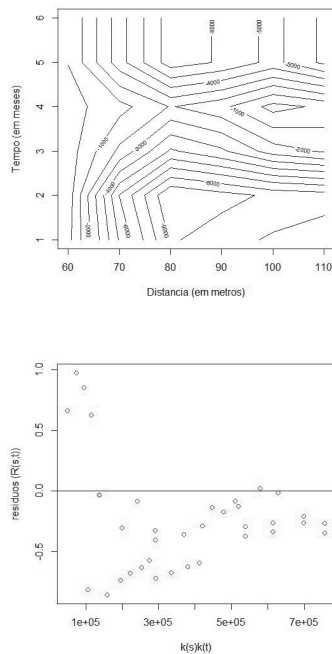
discorda da sugestão formulada por Diggle et al. (1995).

O teste de Monte Carlo, realizado a partir de 1000 simulações na equação 4 produz um gráfico aproximado de uma distribuição normal (Figura 3) que pode ser interpretado como uma distribuição amostral de um teste de hipótese.

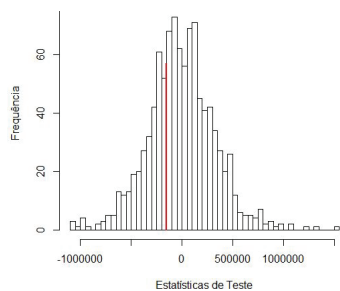
Percebe-se claramente, pela Figura 3 que o valor da estatística de teste esta dentro da região de aceitação da hipótese nula, ou seja, sob a hipótese nula de ausência de interação espaço-tempo obteve-se uma estatística de teste (equação 4) igual a -152415,3 ficando na posição 501 e levando a um valor-p igual a 0,50, proporcionando assim, uma evidência formal de inexistência de interação espacial-temporal.



**FIGURA 1** – Configurações espaciais da infestação do bicho-mineiro do cafeeiro, na área experimental, de junho de 2005 até março de 2007. Pequenos círculos indicam pontos de coleta em que o número de folhas minadas superou o nível de controle de 30%.



**FIGURA 2** – Gráficos de contorno de  $D(s,t)$ , em função da distância e tempo (A) e de resíduos padronizados versus o produto das funções  $K$  temporal e espacial (B).



**FIGURA 3** – Distribuição amostral da estatística de teste obtida a partir de 1000 simulações de Monte Carlo, sob a hipótese nula de ausência de interação espaço-tempo, juntamente com a estatística de teste observada.

Apesar de alguns estudos revelarem que pode existir uma interação espaço-temporal do nível de infestação de diferentes pragas do cafeeiro como o coleóptero *Naupactus curtus* Boheman (FERNANDES et al., 2010) e a broca do café (CARDÉNAS et al., 2003) em plantações não orgânicas. O presente trabalho comprovou que a infestação do bicho-mineiro, em plantações orgânicas, não apresenta interação espaço-temporal.

Espera-se que os métodos apresentados e os resultados obtidos neste trabalho possam contribuir não somente para o entendimento da interação espaço-temporal da dinâmica populacional de

pragas na agricultura, mais especificamente da dinâmica do bicho-mineiro do cafeeiro em uma plantação orgânica, mas também no fornecimento de subsídios para tomadas de decisão do controle biológico em plantações orgânicas.

## 4 CONCLUSÕES

O nível de infestação do bicho-mineiro em cafezal orgânico apresenta agrupamentos no tempo e não apresenta agrupamentos no espaço.

Não existem evidências estatisticamente significantes de interação espacial-temporal na infestação da praga, ou seja, o local da infestação do bicho-mineiro do cafeeiro independente do período da infestação.

## 5 AGRADECIMENTOS

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, pelo trabalho de campo e coleta de dados, aos proprietários da Fazenda Cachoeira, por permitir a condução do experimento em uma de suas plantações de café e aos dois revisores pelas sugestões que ajudaram a melhorar a qualidade do artigo. J.D.S. agradece a FAPEMIG pelo apoio financeiro. A.L.S.S.M. agradece à FAPEAM, pela bolsa. M.S.Z. agradece ao Consórcio Pesquisa Café, pelo apoio financeiro.

## 6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. A. M.; RAUCH, E. M.; BAR-YAM, Y. Invasion and extinction in the mean field approximation for a spatial host-pathogen model. *Journal of Statistical Physics*, New York, v. 114, n. 5/6, p. 1447-1451, Mar. 2004.

ARBIA, G.; ESPA, G.; QUAH, D. A class of spatial econometric methods in the empirical analysis of clusters of firms in the space. *Empirical Economics*, New York, v. 34, p. 81-103, Feb. 2008.

ARBIA, G. et al. Detecting the existence of space-time clustering of firms. *Regional Science and Urban Economics*, Amsterdam, v. 40, n. 5, p. 311-323, Sept. 2010.

CANUTO, L. Conab estima safra de café 2011/2012 em 43,15 milhões de sacas. *Revista Exame*, São Paulo, set. 2011. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

CÁRDENAS, R. R. et al. Modelos hierárquicos Bayesianos para estudar a distribuição espacial da infestação da broca de café em nível local. *Revista Colombiana de Estatística*, Bogotá, v. 26, n. 1, p. 1-24, jun. 2003.

- CARSLAKE, R. et al. Space time clustering of cowpox virus infection in wild rodent populations. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 74, n. 4, p. 647-655, July 2005.
- CRESSIE, N. A. **Statistics for spatial data**. New York: J. Wiley, 1993. 900 p.
- DAVID, F. N.; MOORE, P. G. Notes on contagious distributions in plant populations. **Annals of Botany**, London, v. 18, p. 47-53, Jan. 1954.
- DIGGLE, P. J. et al. Second order analysis of space-time clustering. **Statistical Methods in Medical Research**, Urbana, v. 4, n. 2, p. 124-136, 1995.
- FERNANDES, F. L. et al. Ocorrência e distribuição espacial e temporal do coleóptero *Naupactus curtus* em cafeeiros de Minas Gerais, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1424-1427, jun. 2010.
- FISHER, I. **The making of index numbers: a study of their varieties, tests and reliability**. Boston: Houghton Mifflin, 1927. 538 p.
- GARCIA, F. J. M. Analysis of the spatial-temporal distribution of *Helicoverba armigera* Hb in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 252-259, Mar. 2006.
- KING, A. A.; HASTINGS, A. Spatial mechanisms for coexistence of species sharing a common natural enemy. **Theoretical Population Biology**, Amsterdam, v. 64, n. 4, p. 431-438, Dec. 2003.
- MENDONÇA, J. M. A. et al. Produtos naturais e sintéticos no controle de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepdoptera: Lyonetiidae) e seus efeitos sobre a predação por vespas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 892-899, set./out. 2006.
- MORISITA, M. Id-index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, Kyoto, v. 4, p. 1-7, Feb. 1962.
- OYANA, T. J.; DAI, D.; SCOTT, K. E. Spatiotemporal distributions of reported cases of the Avian Influenza H5N1 (Bird Flu) in Southern China in Early 2004. **Avian Diseases**, Urbano, v. 50, n. 4, p. 508-515, 2006.
- PARRA, J. R. P.; BATISTA, G. C.; ZUCCHI, R. A. Pragas do cafeeiro. In: \_\_\_\_\_. **Curso de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 355-386.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 15 jan. 2012.
- REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Manejo Integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. **Informe Publicitário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 17-25, 1998.
- REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de; ZACARIAS, M. S. Alerta para o bicho-mineiro. **Cultivar**, Pelotas, v. 8, p. 13-16, abr. 2006.
- RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns: with discussion. **Journal of the Royal Statistical Society, Series B**, London, v. 39, n. 2, p. 172-212, 1977.
- ROBERTSON, C. Review of methods for space-time disease surveillance. **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, Perth, v. 1, p. 105-116, July 2010.
- RODE, R. et al. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* e em uma floresta ombrófila mista no centro-sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2010.
- ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P. J. Splanx: spatial point patterns analysis code in S-PLUS. **Computers and Geosciences**, Ottawa, v. 19, n. 5, p. 627-655, 1993.
- SCALON, J. D. et al. Spatial and temporal dynamics of coffee-leaf-miner and predatory wasps in organic coffee field in formation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, p. 646-652, abr. 2011a.
- \_\_\_\_\_. Spatial distribution of coffee-leaf-miner (*Leucoptera coffeella*) in an organic coffee (*Coffea arabica* L.) field in formation. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 226-232, set./dez. 2011b.
- SOUZA, J. C.; REIS, P. R.; RIGINATO, R. L. O. **Bicho-mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado**. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1998. 48 p.
- TEULHER, E. S. et al. Ocorrência de bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) influenciada pelo período estacional e pela altitude. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 119-124, 2003.