

Análise de processos pontuais aplicados a dados de bicho mineiro do cafeeiro: uma adaptação da função K de Ripley

Ana Lúcia Souza Silva Mateus¹

João Domingos Scalon²

Wilson Sanches Mateus³

1 Introdução

O Brasil é o maior produtor exportador de café do mundo, sendo responsável por, aproximadamente, 25% da produção mundial. Sabe-se que as plantações de café são susceptíveis ao ataque de mais de 850 tipos de fungos e insetos. Entre as pragas-chave da cultura no Brasil, destaca-se o bicho-mineiro do cafeeiro [*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera:Lyonetiidae)].

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. Em altos níveis populacionais, pode provocar desfolhas de até 70%, podendo chegar há uma queda na produção de 50% (SOUZA et al., 1998).

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, presença ou ausência de inimigos naturais como parasitoides, predadores e entomopatógenos, problemas nutricionais, entre outros (REIS & SOUZA, 1998).

O conhecimento da dinâmica do padrão espacial e temporal do bicho-mineiro em cultivos de cafeeiro pode ser importante, no contexto do controle biológico desta 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 et al, 2004; GUERREIRO-FILHO, 2006).

O objetivo deste trabalho é apresentar métodos baseados na estatística de segunda ordem para analisar processos pontuais a fim de detectar a presença de agrupamentos no espaço-tempo. Estas técnicas serão aplicadas em dados de infestação do bicho-mineiro provenientes de uma plantação de café orgânico em formação.

¹ Departamento de Estatística – UFSM. e-mail: analucia.stat@gmail.com

² Departamento de Ciências Exatas – UFLA.

³ Departamento de Física – UFSM.

2 Material e Métodos

Os dados utilizados para a análise são de uma área de produção de café orgânico (*Coffea arabica L.*), 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.

As amostragens das folhas dos cafeeiros foram realizadas mensalmente, de março de 2005 até março de 2007 resultando em 35 pontos amostrados. Em cada um dos 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 folhas minadas. Caso o ponto de coleta apresenta-se mais de três folhas minadas, ele recebia a marca um, indicando ponto necessitando de controle da praga e zero, caso contrário.

Para a realização da análise espaço-temporal, utilizou-se uma extensão da função K , denominada de $K(s,t)$ que foi proposta por Diggle et al. (1995) e adaptada por Carlslake et al. (2005). O estimador da função $K(s,t)$ para cada combinação de s e t (escalas espacial e temporal) é dada por:

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

em que 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_s é uma função indicadora igual a 1 quando d_{ij} é menor que a distancia s e 0, caso contrário, I_t é uma função indicadora igual a 1 quando t_{ij} é menor que a distancia t e 0, caso contrário, w_{ij} é um fator de correção definido anteriormente na função K , v_{ij} é um fator de correção para o efeito de borda do tempo, 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 e $n(n-1)$ é o numero de pares disjuntos de eventos.

Os estimadores individuais da função K para o espaço e tempo são obtidos diretamente da equação (1) e correspondem ao estimador da função K proposta por Ripley (1977), conforme pode serem vistos nas equações (2) e (3).

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

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

Sob a hipótese de completa aleatoriedade espacial e temporal a função K é dada por Ripley (1977) e Diggle et al. (1995), respectivamente, como sendo:

$$K(s) = \pi s^2, \quad (4)$$

$$K(t) = 2t. \quad (5)$$

Segundo Diggle et al. (1995), pode-se observar que se os processos temporal e espacial operam independentemente (ausência de interação espaço-temporal), então $K(s,t) = K(s)K(t)$. Se $K(s,t) > K(s)K(t)$ então existe uma interação espaço tempo positiva. Os autores propõem ainda uma medida para estimar o grau de interação espaço tempo, denominada de grau de agrupamento espaço-tempo adicional, dado por:

$$D(s,t) = K(s,t) - K(s)K(t). \quad (6)$$

Para a hipótese nula de independência espaço-temporal, esperam-se valores de zero para (6). Quanto mais afastado de zero estiver os valores de (6), maior é a interação. Assim, maior é o aumento do agrupamento 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.

Uma forma de diagnosticar graficamente a interação espaço-tempo é realizando a plotagem dos resíduos padronizados $R(s,t)$ versus o produto das funções K temporal e espacial separadamente, Diggle et al. (1995). Os $R(s,t)$ são dados por:

$$R(s,t) = D(s,t) / \sqrt{V(s,t)} \quad (7)$$

em que $V(s,t)$ é a variância do grau de agrupamento espaço-tempo expressado em (6).

Para a interpretação gráfica, sugere-se que a maioria dos valores dos resíduos padronizados esteja acima de ± 2 desvios-padrão indicando interação espaço-tempo.

Como a distribuição amostral da expressão dada em (6) é desconhecida, uma interpretação inferencial formal para a interação espaço-tempo é sugerida por Diggle et al. (1995) usando simulação Monte Carlo. Neste caso, toma-se a soma de todos os $D(s,t)$ os e compara-se com a soma dos m $D_i(s,t)$ simulados sob a suposição de independência entre espaço e tempo para cada s e t , ($i=2, \dots, m$). Um valor elevado da soma dos resíduos observados sobre os simulados constituiria em uma evidência de interação espaço-tempo.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* livre *R* (R Development Core Team, 2012) conjuntamente com a biblioteca *splanacs* (ROWLINGSON & DIGGLE, 1993).

3 Resultados e Discussão

O gráfico de contorno (Figura 1-a) mostra que todos os valores dos contornos $D(s,t)$ são negativos e, portanto, não suportam evidências significativas da hipótese de interação espaço-tempo. Assim, esta análise sugere a presença de agrupamentos espaciais ou temporais, mas não em ambos. O gráfico dos resíduos padronizados (Figura 1-b) também mostrou que a interação espaço-tempo não foi significativa, visto que os resíduos estão distribuídos entre ± 2 desvios-padrão, ou seja, não se rejeita a hipótese nula de independência espaço-temporal de agrupamento.

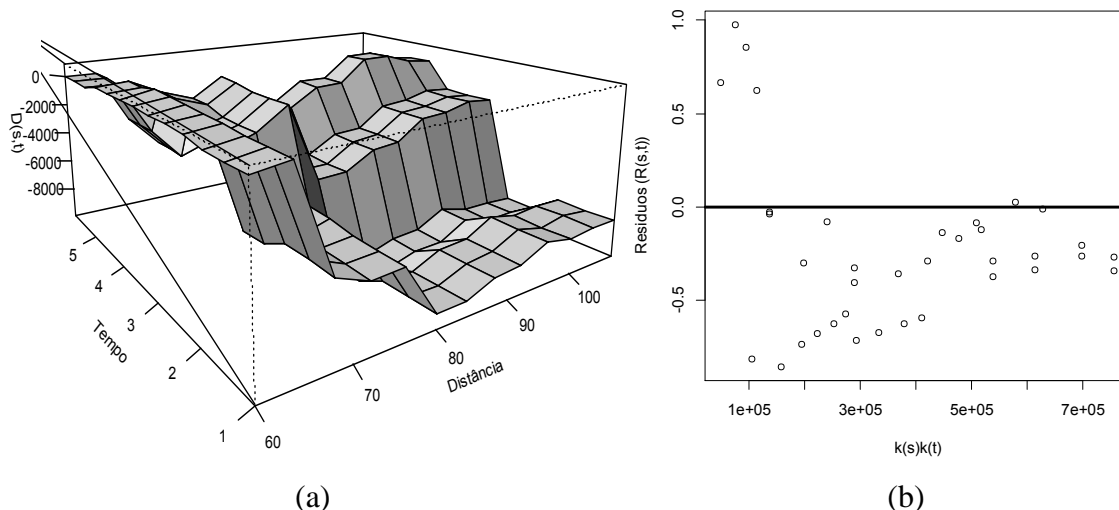


Figura 1 – Gráficos de superfície de $D(s,t)$ (esquerda) e resíduos padronizados (direita).

Conforme Diggle et al. (1995) a interpretação dos resíduos padronizados nem sempre é fácil, mas poderia ser mascarada pelo fato de que os resíduos podem ser fortemente dependentes. O teste Monte Carlo realizado considerando 1000 simulações, gerou um valor da estatística de teste de $-193544,7$ ($valor-p=0,5$), proporcionando assim, uma evidência formal de inexistência de interação espaço-tempo.

4 Conclusões

A análise espaço-temporal utilizando processos pontuais mostrou que não existem evidências de interação espacial-temporal na infestação da praga, ou seja, o local da infestação do bicho-mineiro do cafeeiro independente do período da infestação. De certa forma pode-se concluir também que o

nível de infestação do bicho-mineiro apresenta agrupamentos no tempo ou no espaço, mas não em ambos, ou seja, há uma interação negativa entre espaço e tempo.

5 Referências

- [1] 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**, v. 114, n. 5-6, p. 1447-1451, Mar. 2004.
- [2] CARSLAKE, 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, Jul. 2005.
- [3] 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.
- [4] GUERREIRO-FILHO, O. Coffee leaf miner resistance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 109-117, 2006.
- [5] R DEVELOPMENT CORE TEAM (2012). **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Available at <http://www.r-project.org>. Access in: 15 Jan. 2012.
- [6] REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Manejo Integrado das pragas do cafeeiro em Minas Gerais. In: **Cafeicultura: Tecnologia para produção**. Informe publicitário, EPAMIG, v. 19, n. 193, p. 17-25, 1998.
- [7] 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.
- [8] ROWLINGSON, B.; DIGGLE, P. J. Splanx: spatial point patterns analysis code in S-PLUS. **Computers and Geosciences**, Canada, v. 19, n.5, p. 627-655, 1993.
- [9] 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, 48p.