

Comportamento espacial da fusariose em pimenta-do-reino

Thaís Thomazini Herzog^{*1}; Bruno Sérgio Oliveira e Silva¹; Marcelo Barreto da Silva²

¹Engenheira Agrônoma. Mestre em Agricultura Tropical pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Campus São Mateus.

²Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) – Campus São Mateus. marcelobarretodasilva@gmail.com.

^{*}thaisaherzog@agronoma.eng.br

Resumo: A pimenta do reino é uma especiaria de suma importância a nível mundial e regional. Entretanto, o cultivo da especiaria confere constantes desafios aos pipericultores, para produzir um produto sustentável e de qualidade. Dentre esses desafios, destaca-se a fusariose principal doença da pimenta do reino. Com a análise espacial é possível desenvolver programas eficientes de controle e manejo da doença. No entanto, comportamento espacial da fusariose em pimenta-do-reino é pouco conhecido. Assim, este estudo teve como objetivo analisar o comportamento espacial da fusariose em pimenta do reino, cultivada no norte do Espírito Santo. Foi instalada uma malha irregular de 80 pontos em uma lavoura em produção, localizada em São Mateus, ES. Em cada ponto amostral, considerado por uma planta, foi avaliada a intensidade da fusariose, com o auxílio de uma escala de notas de 0 a 3. Os dados foram submetidos à análise geoestatística. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a fusariose apresentou dependência espacial na área cultivada com pimenta do reino, permitindo a confecção do mapa. O mapa da doença permitiu identificar as áreas com maior intensidade. Deve-se antecipar as medidas de controle e delimitar as áreas infectadas para que o fungo não dissemine para áreas sadias, visto que o manejo da lavoura é um dos fatores que ocasionam o aumento da incidência da doença.

Palavras-chave: *Fusarium solani* f. sp. *piperis*; Geoestatística; *Piper nigrum*.

Spacial Behavior of Fusariosis in Black Pepper Crop

Abstract: The black pepper is a spice of great importance at global and regional level. However, spice cultivation gives constant challenges to pipericultores to produce a sustainable and quality product. Among these challenges, there is of fusariosis main black pepper disease. With spatial analysis it is possible to develop effective control programs and disease management. However, spatial behavior of fusariosis in black pepper is little known. This study aimed to analyze the spatial behavior of fusariosis in black pepper, cultivated in the north of the Espírito Santo. An irregular mesh of 80 points was installed in a crop in production, located in São Mateus, ES. . At each sample point, considered by a plant, it evaluated the intensity of fusariosis, with the assistance of a grading scale 0-3. The data were statistically analyzed. Based on these results, it is concluded that of fusariosis present spatial dependence in the area cultivated with black pepper, allowing the map making. The map of the disease identifies the areas with greater intensity. It should anticipate the measures to control and delimit the infected areas so that the fungi does not disseminate to healthy areas, since the crop management is one of the factors that cause the increased incidence of the disease.

Keywords: *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, Geostatistics, *Piper nigrum*

Introdução

A pimenta do reino é uma das especiarias mais importantes e populares do mundo (IKEDA, 2010; HU *et al.*, 2015), sendo o Vietnã o maior produtor e exportador, seguido da Índia, Indonésia e Brasil. Originária da Índia, a pimenta-do-reino foi introduzida no Brasil no século XVII, sendo difundida e intensificada no Estado do Pará a partir de 1933 (LEMONS, 2011).

O Estado do Espírito Santo é o segundo produtor e exportador nacional, com a média de 6,7 mil toneladas de pimenta-do-reino produzida. Os plantios concentram-se no Norte do

Estado, tendo como destaque os municípios de São Mateus e Jaguaré, com mais de 75% da área cultivada e da produção (EMBRAPA, 2013; CONAB, 2015).

Algumas das principais enfermidades que atacam as plantas produtoras de especiarias são as necroses repentinas nos frutos do craveiro da índia, queda prematura de frutos da pimenteira do reino e doenças de etiologia viral, bacteriana e fúngica (DIAS, 2006).

Dentre as doenças fúngicas, destaca-se a fusariose ou podridão das raízes uns dos principais problemas fitossanitários da pipericultura brasileira. A doença é causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, que habita os solos, sobrevivendo como saprófito no hospedeiro e na matéria orgânica (DRUMOND NETO, 2012). Estima-se que a doença provoca um prejuízo anual de 10 milhões de dólares, uma redução de 3% da área cultivada e diminui a vida útil do pimental de 12 para 5 ou 6 anos (TREMACOLDI, 2014).

Em relação às tecnologias de manejo para a cultura da pimenteira do reino, pode-se implementar o uso da análise do comportamento espacial da doença. A análise espacial das doenças de plantas em longo prazo proporciona caracterizar o padrão de distribuição da doença, contribuindo para a compreensão do seu comportamento em estudo de campo (CAMPBELL, MADDEN, 1990; LARKIN, GUMPERTZ, RISTAINO, 1995).

Os padrões espaciais das doenças são originados das interações de fatores físicos, químicos e biológicos influenciando os processos de dispersão e infecção do patógeno (TAYLOR, 1984). As análises espaciais fornecem dados estáticos ou podem ser obtidos em vários períodos de tempo, resultando em uma análise espaço-temporal (ROCHA NETO, 2013).

O comportamento espacial da fusariose em pimenta-do-reino é pouco conhecido. Com o diagnóstico sobre a capacidade de dispersão da doença no campo é possível o desenvolvimento de programas eficientes de controle da doença na cultura e para outros patógenos com mecanismos parecidos ao da fusariose no cultivo da pimenteira do reino (REKAH, SHTIENBERG, KATAN, 1999; IKEDA, 2010).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento espacial da fusariose em lavoura de pimenta do reino, cultivada no norte do Espírito Santo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre os meses de agosto a novembro de 2015, no distrito de Nestor Gomes, Km 23, Rodovia ES 381, no município de São Mateus, Norte do Estado do

Espírito Santo. As coordenadas geográficas estão situadas na latitude 18°42'S e longitude 39°51'W, com altitude média de 26 metros.

A área experimental possui um hectare com o cultivo de pimenta do reino, variedade Bragantina. A lavoura foi instalada no ano de 2008, com espaçamento de 2 x 2,5 m, sob sistema de irrigação por microaspersão. O clima da região é quente e úmido (tipo Aw de Koppen), com estação seca no outono-inverno e estação chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2014).

Foi instalada uma malha de 10.000 m² com 80 pontos, com uma distância mínima de 1m. Para o georreferenciamento dos pontos, foi utilizado um par de receptores GPS TechGeo[®], modelo GTR G2 geodésico. Os dados, após serem processados pela Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, apresentaram precisão de 10 mm + 1 ppm. Os dados meteorológicos foram obtidos da estação 83550 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Em cada ponto amostral, considerado por uma planta, foi avaliada a intensidade da fusariose, com o auxílio de uma escala de notas de 0 a 3, sendo que: 0 - planta sadia, 1 - início do amarelecimento das folhas, 2 - amarelecimento generalizado das folhas, queda de ramos, folhas e dos internódios do terço superior e 3 - planta seca (morta).

Os resultados foram submetidos à análise inicial por meio da estatística descritiva e exploratória, considerando: média aritmética, variância amostral, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo, coeficiente de assimetria e de curtose e o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade. A análise exploratória dos valores permitiu a verificação de candidatos a valores discrepantes (*outliers*) e sua influência sobre as medidas de posição e dispersão.

Os dados foram também submetidos à análise geoestatística, visando definir a variabilidade espacial da fusariose, primeiramente através dos semivariogramas e em seguida pelo mapeamento do comportamento da doença na pimenta do reino.

A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do software GS+ Versão 7[®] (ROBERTSON, 1998), que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais. Para as avaliações de campo foram consideradas uma função aleatória $Z(x)$ onde (x) indica a posição espacial (Equação 1).

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

Equação 1

Em que: $\gamma(h)$ é a semivariância estimada; $N(h)$ é o número de pares de dados observados; $Z(X_i)$ e $Z(X_i + h)$, onde essa função teórica ajusta-se aos valores experimentais para representar as relações espaciais entre os dados.

No estudo utilizou-se o modelo exponencial pois foi o modelo teórico que melhor se ajustou ao variograma experimental. Para validar o modelo teórico ajustado ao variograma experimental, foi utilizado o método da validação cruzada que consiste na avaliação do coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados, onde o erro padrão de estimação avalia quantitativamente o ajuste do variograma e os erros decorrentes.

Foi calculado o índice de dependência espacial (IDE) que descreve como dependência espacial fraca o índice menor que 25%, dependência espacial moderada de 25 a 75% e dependência espacial forte o índice maior que 75% (ZIMBACK, 2001) (Equação 2):

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

A partir dos semivariogramas ajustados, foi utilizado o programa computacional ArcGis, na interpolação por krigagem, gerando mapas de variabilidade espacial das variáveis na área estudada.

Resultados e Discussão

A intensidade da doença variou de 1 a 3 e houve grande dispersão dos dados, o que pode ser observado pelo coeficiente de variação (CV%) (Tabela 1). A média da intensidade da doença foi de 1,62%. O controle da doença a partir de 15% de severidade não é eficaz, sendo recomendada a retirada e eliminação da planta doente, para evitar a disseminação do patógeno na área (DUARTE, ABUQUERQUE, 1997; SILVA, DRUMOND NETO, SILVA, 2011).

Assimetria foi maior que zero, porém a curtose foi negativa (Tabela 1). Valores de ambos os parâmetros maior que zero, sugere que as curvas de distribuição de frequência tendem a ser assimétricas e um grau de afilamento superior ao da curva de distribuição normal (SILVA, 2014).

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados da intensidade da fusariose em pimenta do reino, obtido a partir de 80 amostras.

Parâmetros	Intensidade da Fusariose
Média	1,62
Mediana	1,00
Desvio padrão (DP)	0,816
Variância amostral (VA)	0,67
Mínimo	1

Máximo	3
Coefficiente de Variação (%)	50,42
Coefficiente de Assimetria	0,81
Coefficiente de Curtose	-1,01 (-0,99)
KS	p < 0,01
VC-KS (5%)	

KS: valores de probabilidade da estatística Kolmogorov-Smirnov; VC-KS: valores críticos do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5%.

Na análise espacial da intensidade da fusariose na lavoura ajustou-se o modelo exponencial (Tabela 2 e Figura 1A). Estes dados corroboram com estudos sobre a probabilidade de ocorrência e variabilidade espacial da incidência do mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *cubense*) na bananeira cultivar Prata Anã no 1º ciclo e a construção do mapa temático. Ajuste do modelo exponencial aos dados permitiu estimar por krigagem indicativa a probabilidade de ocorrência da doença na área com a construção do mapa, tornando-se uma ferramenta importante para aperfeiçoar as medidas preventivas (ZUCOLOTO, LIMA, COELHO, 2009).

A intensidade da fusariose apresentou um alcance de 10, 50 metros na área (Tabela 2). A análise espaço temporal de *Fusarium xylariodes* em *Coffea canephora* e a incidência *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *cubense* em *Musa* spp. apresentaram uma dependência espacial de 10 m, ou seja, amostras da doença em plantas devem ser coletadas na área, acima desse valor, para que sejam consideradas independentes (MUSOLIN *et al.*, 2008; ZUCOLOTO, LIMA, COELHO, 2009). No entanto, os resultados diferem ao observado na modelagem geoestatística *Mycosphaerella fijiensi*, cujo alcance foi de 25, 26 m (UCHÔA *et al.*, 2011).

Tabela 2 - Parâmetros do modelo teórico ajustado ao variograma experimental, modelado por aproximação ponderada dos quadrados mínimos, para a intensidade da fusariose em pimenta do reino, e o resultado da validação cruzada da krigagem.

Parâmetros	Intensidade da Fusariose
Modelo	Exponencial
Efeito Pepita (C_0)	0,032000
Patamar ($C_0 + C$)	0,605000
Alcance (m)	10,50
IDE (%)	94,7
R^2	86,4
SQR	$2,38 \cdot 10^{-3}$
r^2	0,041

IDE: Índice de dependência espacial; R^2 : coeficiente de determinação do modelo ajustado; SQR: soma dos quadrados do resíduo; r^2 : coeficiente de determinação da validação cruzada.

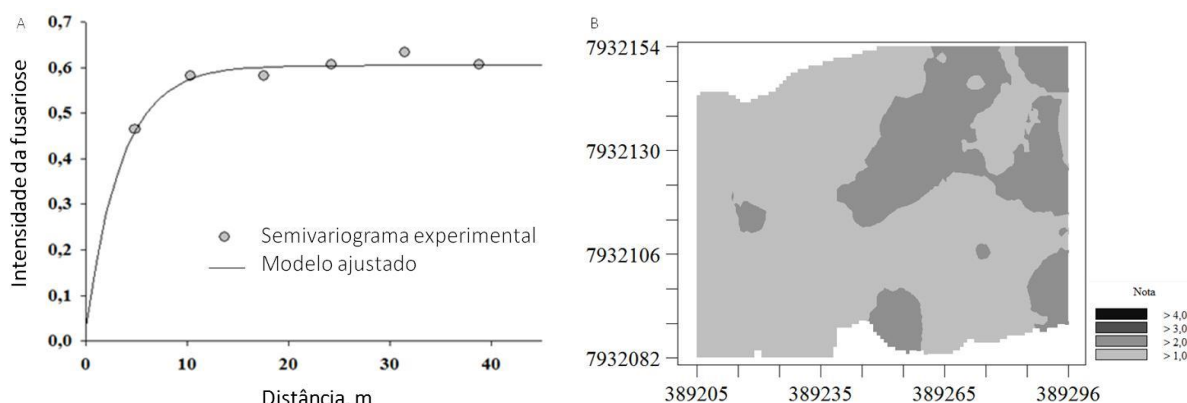


Figura 1 - (A) Semivariograma experimental ajustado para caracterizar a variabilidade espacial da intensidade da fusariose em pimenta do reino. (B) Mapa da distribuição espacial da fusariose.

O modelo de semivariograma da intensidade da fusariose apresentou índice de forte dependência espacial (> 75%) (ZIMBACK, 2001), comprovando uma tendência de agregação da doença (Tabela 2).

A análise da probabilidade de ocorrência do mal do panamá o índice de dependência espacial também foi classificado como alto (ZUCOLOTO, LIMA, COELHO, 2009). Similarmente, na caracterização da variabilidade espacial da sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), o semivariograma isotrópicos experimentais, mostrou-se alta dependência espacial da severidade da doença (UCHÔA *et al.*, 2011).

Carvalho (2008) verificou que a severidade das doenças mancha parda (*Septoria glycines* Hemmi) e cretamento foliar cercospora (*Cercospora kikuchi* (Matsu. &Tomoyasu) Gardner), no final do ciclo da soja apresentou padrão de distribuição agregado com moderada dependência espacial, ou seja, a doença progrediu de uma fonte primária, para a linha de cultivo e linhas adjacentes. E infecções secundárias surgiram com moderado grau de agregação. Segundo Guimere (2012), áreas que apresentam formação de manchas de aumento ou redução da abundância de fungos, indicam que o manejo e/ou as características dos talhões dessas áreas podem ser determinantes na abundância de fungos.

Musolin *et al.* (2008) estudaram por meio de técnicas geoestatísticas a estrutura espaço-temporal da murcha do café causada por *Fusarium xylarioides* Steyaert (*Gibberella xylarioides* Heim e Saccas) em *Coffea canephora* e, observaram progresso temporal lento e padrão espacial agregado. Noetzold *et al.* (2014) por meio dos mapas de krigagem observou-se que quanto maior o inóculo primário, maior o padrão de distribuição agregada da transmissão do *C. truncatum* na cultura da soja.

Os dados foram interpolados utilizando a técnica da krigagem, assim foi possível a confecção do mapa da intensidade da doença na cultura para melhor compreender o comportamento do fungo, quanto a sua distribuição espacial na área (Figura 1B).

A doença pode-se iniciar a partir das raízes ou da parte aérea, que é caracterizada pela presença de ramos amarelados em uma planta bem vigorosa e, com a evolução da intensidade da doença é observado o secamento na parte superior e inferior da planta (SILVA, DRUMOND NETO, SILVA, 2011). Estes sintomas foram observados em 37,5% do total das plantas avaliadas, ou seja, demonstra-se perdas diretas na produtividade da cultura, visto que nestas plantas ocorre redução parcial ou total da produção.

Pode-se observar na que as regiões de maior intensidade da doença, partem das bordas até o centro da lavoura, mas com focos definidos e distintos (Figura 1B), indicando que medidas de controle devem ser realizadas em zonas distintas, para que o fungo não se dissemine causando danos na lavoura. Dentre as medidas de controle da doença, recomenda-se a não utilização de áreas próximas a plantios infectados (SILVA, DRUMOND NETO, SILVA, 2011). Neste estudo, ressalta que as áreas mais afetadas pelo fungo são circunvizinhas a uma lavoura mais velha de pimenta do reino, podendo explicar a disseminação do fungo.

A idade da lavoura influencia na disseminação do patógeno como foi relatado por Rocha Neto (2013) em estudo sobre o comportamento espaço-temporal da fusariose em pimenta-do-reino. O autor observou que a distribuição da doença apresentou um acréscimo da primeira até a última avaliação, de 1,4% para 16,2%; de 5% para 25,8% e de 6,8% para 32% para lavoura de três, quatro e cinco anos, respectivamente. Segundo o autor, em lavouras mais velhas, ocorre maior facilidade de disseminação do inóculo, através da capina manual, do revolvimento do solo, do trânsito de máquinas, do maior número de colheitas, dentre outros.

Conclusões

A fusariose apresentou alta dependência espacial na área cultivada com pimenta do reino, permitindo a confecção do mapa.

O mapa da doença permitiu identificar as áreas com maior intensidade, antecipar as medidas de controle e delimitar as áreas infectadas para que o fungo não dissemine para áreas saudáveis, visto que o manejo da lavoura é um dos fatores que ocasionam o aumento da incidência da doença.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal à Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas e, ao produtor rural Eliseu Bonomo pela disponibilização da área para a condução do experimento.

Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em: http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_et al_2014.pdf. Acesso em: 11 set. 2018.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley & Sons, 1990. 532p.
- CARVALHO, E. de A. **Modelagem geoestatística da distribuição espacial de doenças do feijoeiro comum e da soja e sua relação com a fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas**. 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura pimenta do reino no Espírito Santo**. 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_26_16_06_06_conjuntura_de_pimenta-do-reino_2015_.pdf. Acesso em: 19 nov. 2016
- DIAS, A.G. **O cultivo da pimenteira-do-reino: produção de especiarias de qualidade**. Vitória: Gráfica TC, 2006. 300p.
- DUARTE, M.L.; ALBUQUERQUE, F.C. Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). Controle de doenças. In: VALE F.C.R.; ZAMBOLIM L. (Eds). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. p. 879-923.
- DRUMOND NETO, A.P. **Distribuição espacial da intensidade da fusariose em pimenta-do-reino e associações com atributos do solo**. 2012. 85p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção da pimenteira-do-reino**. 2015. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/PimenteiradoReino/index.htm>. Acesso em: 19 nov. 2016.
- GUIMERE, T. 2012. **Biogeografia de comunidades fúngicas em áreas cultivadas com cana-de-açúcar**. 2012. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.
- HU, L.; HAO, C.; WU, B.; TAN, L.; WU, H. De novo assembly and characterization of fruit transcriptome in black pepper (*Piper nigrum*). **Plos one**, v.29, n.1, p.1-14, 2015.

IKEDA, K. Role of perithecia as an inoculum source for stem rot type of pepper root rot caused by *Fusarium solani* f. sp. *piperis* (teleomorph: *Nectria haematococca* f. sp. *piperis*). **Journal of General Plant Pathology**, v.76, n.1, p.241–246, 2010.

LARKIN, R.P.; GUMPERTZ, M.L.; RISTAINO, J.B. 1995. Geostatistical analysis of *Phytophthora* epidemic development in commercial bell pepper fields. **Phytopathology**, v.85, n.2, p.191-203, 1995.

LEMOS, O.F.; POLTRONIERI, M.C.; RODRIGUES, S.M.; MENEZES, I.C.; MONDIN, M. Conservação e Melhoramento Genético da Pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) em Associação com as Técnicas de Biotecnologia. **Embrapa Amazônia Oriental**, Documentos 375, 45p, 2011.

MUSOLIN, C.P.; PINARD, F.; CHARRIER, A.; KANGIRE, A.; HOOPEN, G. M.; KABOLE, C.; OGWANG, J.; BIEYSSE, D.; CILAS, C. Spatial and temporal analysis of coffee wilt disease caused by *Fusarium xylarioides* in *Coffea canephora*. **Euro Journal Plant Pathology**, v.122, n.1, p.451–460, 2008.

NOETZOLD, R.; ALVES, M.C.; CASSETARI NETO, D.; MACHADO, A.Q. Variabilidade espacial de *Colletotrichum truncatum* em campo de soja sob três níveis de sanidade de sementes. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.1, p.16-23, 2014.

REKAH, Y.; SHTIENBERG, D.; KATAN, J. Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. **Phytopathology**, v.89, n.1, p.831-839, 1999.

ROCHA NETO, F.C.de. **Progresso espaço-temporal da fusariose em plantios de pimenta-do-reino**. 2013, 44p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2013.

ROBERTSON, G.O. **Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's Guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SILVA, B.S.O. 2014. **Distribuição espacial dos nutrientes foliares, produtividade e *Hypothenemus hampei* em *Coffea canephora***. 2014. 85p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2012.

SILVA, B. S. O.; DRUMOND NETO, A. P.; SILVA, M. B. Pimenta-do-reino: Importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região Norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.1, p.84-88, 2011.

UCHOA, C.N.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; MORAIS, W.S. Modelagem geoestatística da sigatoka-negra e sua relação com a fertilidade do solo. **Bioscience Journal**, v.27, n.3, p.357-362, 2011.

TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Entomology**, v.29, n.1, p.321-357, 1984.

TREMACOLDI, C.R. Doenças causadas por fungos. In: LEMOS, O.F.; TREMACOLDI, C.R.; POLTRONIERI, M.C. (Eds). **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará**. Brasília: Embrapa. 2014. p.28-34.

UCHÔA, C.N.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; MORAIS, W.S.da. Modelagem geoestatística da sigatoka-negra e sua relação com a fertilidade do solo. **Bioscience Journal**, v.27, n.3, p.357-362, 2011.

ZIMBACK, C.R.L. 2001. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114p. Tese (Doutorado em Levantamento do Solo e Fotopedologia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, SP, 2011.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J.S.S.de; COELHO, R.I. 2009. Uso da geoestatística na probabilidade de ocorrência do mal-do-Panamá em bananeira prata anã. **Revista da Facultad Nacional de Agronomía**, v.62, n.1, p. 4793-4796, 2009.