

CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA INCIDÊNCIA DE LESÕES NAS FOLHAS DE LARANJEIRAS EM RELAÇÃO AOS QUADRANTES DE COLETA

RAFAELA FERNANDES NICOLAU¹, ERIVELTO MERCANTE², JONATHAN RICHETTI³, MARCIO FURLAN MAGGI⁴, EDUARDO GODOY DE SOUZA⁵

¹ Eng^a Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, UNIOESTE Cascavel – PR, Fone: (0xx45) 3220-7366
rafa.nicolau@hotmail.com

² Eng^o Agrícola, Professor Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR

³ Eng^a Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola – PGEAGRI, UNIOESTE Cascavel – PR.

⁴ Eng^o Agrícola, Professor Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR

⁵ Eng^o Agrícola, Professor Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, UNIOESTE Cascavel – PR

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: A citricultura é de fundamental importância para a economia nacional e mundial, por isso, diversos estudos são realizados para potencializar todo o processo de manejo, produção, qualidade nutricional e principalmente o controle de doenças. Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi caracterizar a variabilidade espacial da incidência de doenças nas folhas de laranjeiras em relação aos quadrantes geográficos da colheita dos frutos. O trabalho foi realizado em um pomar comercial de laranjeiras da variedade Monte Parnaso, localizado no município de Nova Laranjeiras – PR, com oito anos de plantio. Para caracterização das safras 2011 e 2012, foram coletadas as folhas aleatoriamente em cada um dos quadrantes de treze árvores selecionadas antes da colheita no pomar. Posteriormente utilizando-se de um software de captura da imagem da folha e por meio do processamento digital, foi estimado para cada folha as áreas com e sem incidências de doenças. A variabilidade espacial foi observada e notou-se que os maiores valores para a incidência de doenças foliares estão nos quadrantes NO, NE e SO para a safra 2011 e SO e SE para a safra 2012. Concluindo que essas regiões das árvores, no pomar monitorado, estão mais propícias ao aparecimento de doenças foliares.

PALAVRAS-CHAVE: Citricultura, lesões foliares, variabilidade espacial.

CHARACTERISTICS OF SPATIAL VARIABILITY OF THE IMPACT OF INJURIES IN LEAVES OF ORANGE IN RELATION TO QUADRANTS COLLECTION.

ABSTRACT: The citrus industry is of fundamental importance to the national and world economy, so many studies are conducted to enhance the whole process of management, breeding, nutritional quality and mainly the control of diseases. Within this context, the objective of this study was to characterize the spatial variability of disease incidence on leaves of orange trees in relation to geographic quadrants of the fruit harvest. The study was conducted in a commercial orange grove variety of Monte Parnaso, in the city of Nova Laranjeiras - PR, with eight years of planting. For characterization of vintages 2011 and 2012 were randomly collected leaves in each of the quadrants of thirteen selected before harvest in the orchard trees. Later using a software image capture and leaf through digital processing, was estimated for each leaf areas with and without incidences of diseases. The spatial variability was observed and it was noted that the highest values for the incidence of foliar diseases are in quadrants NO, NE and SW for 2011 and SO and SE for the 2012 season. Conclusion that these regions of the trees in the orchard monitored are more conducive to the development of foliar diseases.

KEYWORDS: Citrus production, leaf spots, spatial variability.

INTRODUÇÃO

A citricultura é de fundamental importância para a economia nacional e mundial, por isso, diversos estudos são realizados para potencializar todo o processo de manejo, produção, qualidade nutricional e principalmente o controle de doenças. O controle de pragas e doenças consistiu principalmente da prevenção com defensivos químicos, porém pode haver aplicação desses produtos se houver casos de infestação grave que comprometam a produção. Segundo EMBRAPA (2005), os sintomas em frutos e em folhas são mais frequentes nas faces da planta mais expostas à luz solar; contudo, as lesões nas folhas são mais raras, porém quando ocorrem, o centro da lesão tem cor cinza, as bordas salientes, marrom-escuras com um halo amarelo ao redor.

As doenças podem ser quantificadas por métodos diretos e indiretos, que avaliam os sintomas e sinais como a incidência, severidade, intensidade, distribuição espacial, efeitos na produção e determinação da população, respectivamente. Pelo método de medição automática, obtém-se a imagem da folha infectada, sem arrancá-la, por uma câmera e realiza-se uma avaliação das áreas saudáveis e doentes através de softwares desenvolvidos para quantificação geralmente em porcentagem (MORAES, 2007).

O método de medição por sensoriamento remoto quantifica a incidência de doença baseada na radiação refletida das folhagens através de técnicas que incluem a utilização de fotografias aéreas infravermelhas e radiômetros de múltiplo espectro, usados para medir a refletância da folhagem. A radiação refletida das folhagens é uma característica própria vegetal. Geralmente, os tecidos infectados apresentam menor refletância na região do infravermelho (comprimento de onda > 0,7 µm) quando comparados a tecidos saudáveis, possibilitando a quantificação pelas diferenças de refletância (MORAES, 2007).

Zhang e Meng (2011) afirmam que, para a detecção do cancro cítrico em campo, é viável a utilização de câmeras digitais ou telefones celulares cujos dados possam ser transferidos pela internet, pois normalmente é realizado um procedimento destrutivo, em que as folhas são coletadas e levadas a laboratórios, onde são utilizados reagentes químicos, ou então há necessidade de equipamentos específicos para identificação da doença.

Com o objetivo de estudar a dinâmica espacial da clorose variegada dos citros, Roberto et al. (2002) avaliaram a presença ou ausência da doença, realizando avaliações visuais em 1.000 plantas, em um intervalo de quatro a cinco meses entre avaliações, num período de dois anos. Observaram por meio de mapas que a incidência da doença aumentou em períodos em que as plantas estavam em desenvolvimento vegetativo, coincidindo com maior ocorrência esperada de insetos vetores da bactéria.

Andrade et al. (2009) avaliaram a influência dos alinhamentos de plantio N-S, L-O, NE-SO e NO-SE no desempenho agrônomico de plantas de laranjas 'Natal' e 'Valência', assim como a severidade de sintomas da mancha-preta-dos-citros. Concluíram que os menores índices de severidade dos sintomas da doença foram observados nos alinhamentos de plantio N-S e NO-SE e os maiores nas direções L-O e NE-SO.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental em estudo está localizada no município de Nova Laranjeiras, região Centro Oeste do estado do Paraná, possui um hectare, com coordenadas geográficas aproximadas de 25°23'03'' Latitude Sul e 52°34'27'' Longitude Oeste, com altitude média 728 metros. O solo da área é classificado segundo EMBRAPA (2013) como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico e é constituído de 76% de argila. O clima da região é caracterizado como Clima Subtropical Úmido (Cfa), segundo classificação de Köppen, geadas pouco frequentes, com temperatura média de 20 °C, pluviosidade média anual de 1900 mm e umidade relativa do ar em média de 75% (CAVIGLIONE et al., 2000).

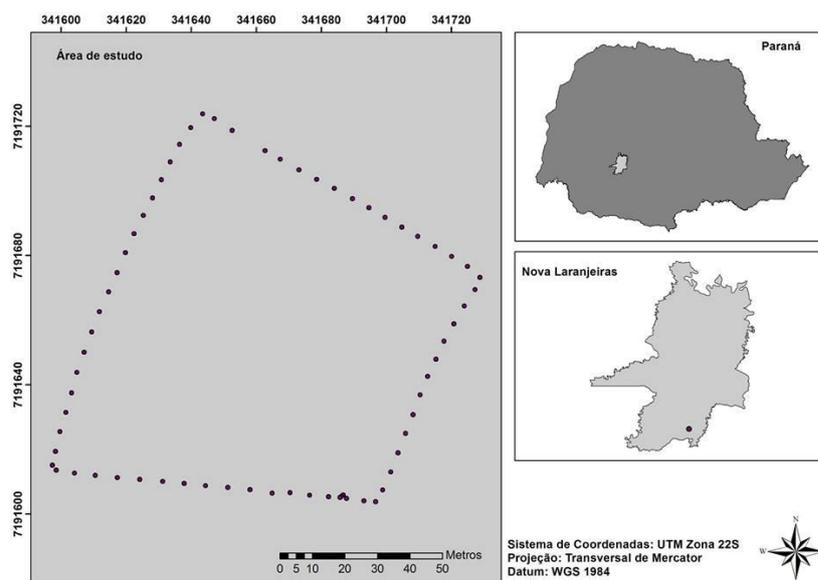


FIGURA 1: Localização da área experimental.

O pomar de citros foi implantado em agosto de 2005 e atualmente conta com 396 árvores, com espaçamento de quatro por seis metros (4 x 6 m) em uma área de um hectare. O porta-enxerto utilizado foi o *Poncirus trifoliata*(L.) Raf., no qual foi enxertada a variedade Monte Parnaso (*Citros sinensis*[L.] Osbeck). As adubações da área em 2010 e 2011 ocorreram em setembro/outubro e consistiram na aplicação de uréia ((NH₂)CO), 300 g árvore⁻¹ e cloreto de potássio (KCl), 300 g árvore⁻¹. O controle de pragas e doenças consiste principalmente na prevenção com defensivos químicos, porém pode haver aplicação desses produtos se houver casos de infestações graves que comprometam a produção. As principais moléstias que incidem no pomar são fungos e ácaros.

Para a seleção das laranjeiras de estudo, foram escolhidas laranjeiras da terceira fileira e a terceira laranjeira a partir da margem limite do pomar para redução de possíveis efeitos externos. Na realização do experimento, foram utilizadas 13 árvores de laranjeiras.

Para o georreferenciamento de cada árvore amostral, utilizou-se um receptor GPS Trimble GeoExplorer 2005 XT com precisão dos dados pós-corrigidos de ± 30 cm, datum WGS-84, em código C/A. Para a coleta das folhas, as árvores foram subdivididas em quatro quadrantes geográficos denominados Sudoeste (SO), Noroeste (NO), Sudeste (SE) e Nordeste (NE). Seguindo a metodologia de Freire (2000) para coleta de materiais em plantas doentes, em cada árvore foram coletadas doze folhas, sendo três folhas aleatoriamente de cada quadrante antes da colheita, evitando folhas novas e folhas muito próximas ao chão, conforme Figura 2.

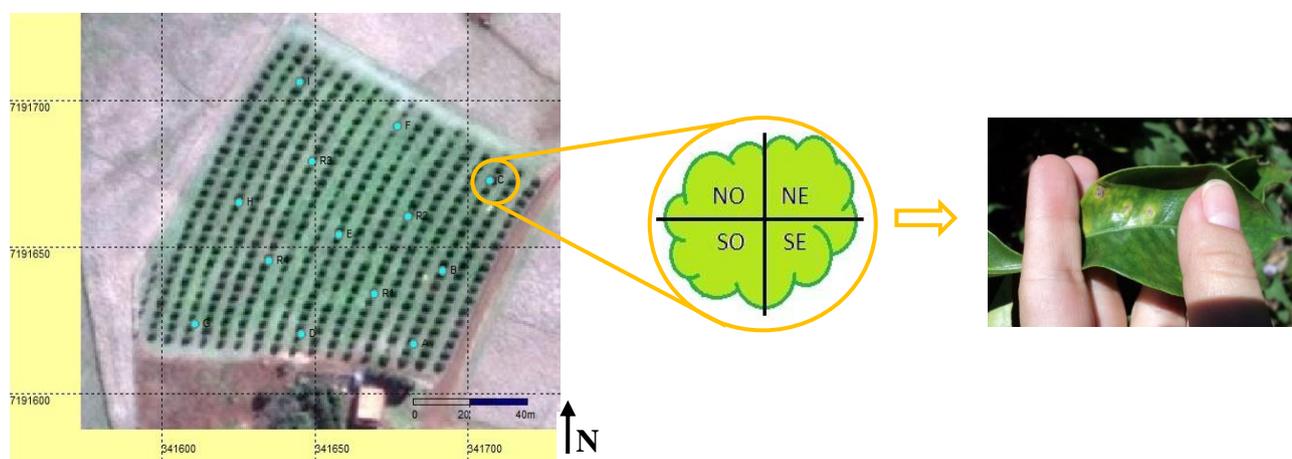


FIGURA 2: Esquema de localização e coleta das folhas.

Para a quantificação das áreas foliares danificadas, adaptando a metodologia de Zhang e Meng (2011), utilizou-se um escâner HP Deskjet F380 com resolução de 300 dpi. A partir deste processo, verificou-se a área com incidência de doenças, utilizando-se o software Quant 2002 da Universidade Federal de Viçosa, de captura e processamento das partes das folhas danificadas, sem a identificação da doença.

Os dados climáticos foram disponibilizados pelo Instituto Tecnológico Simepar, procedidos da estação meteorológica Palmital, situada no município de Palmital - PR. Os dados disponibilizados foram simultâneos ao ciclo produtivo do pomar e durante a realização do experimento (Junho de 2010 a Junho 2012). As variações das variáveis climáticas para o ano de 2011 foram: temperatura média (15,4 a 22,9°C), umidade relativa do ar (56,2 a 83,0%) e precipitação (0,4 a 11,1 mm) e para o ano de 2012 foram: temperatura média (15,9 a 24,4°C), umidade relativa do ar (63,0 a 87,8%) e precipitação (1,5 a 11,5 mm).

Na Figura 3a, pode-se visualizar o movimento do sol para a latitude aproximada de 25,38° S (pomar), nas diversas estações do ano e horário do nascer e por do sol. O mapa planialtimétrico do pomar de laranjas está ilustrado na Figura 3b, em coordenadas UTM (métricas). Considerando que a menor altitude é de 727 m e a maior altitude é de 730 m, com declividade média aproximada de 5,5%, não foram observados problemas de erosão.

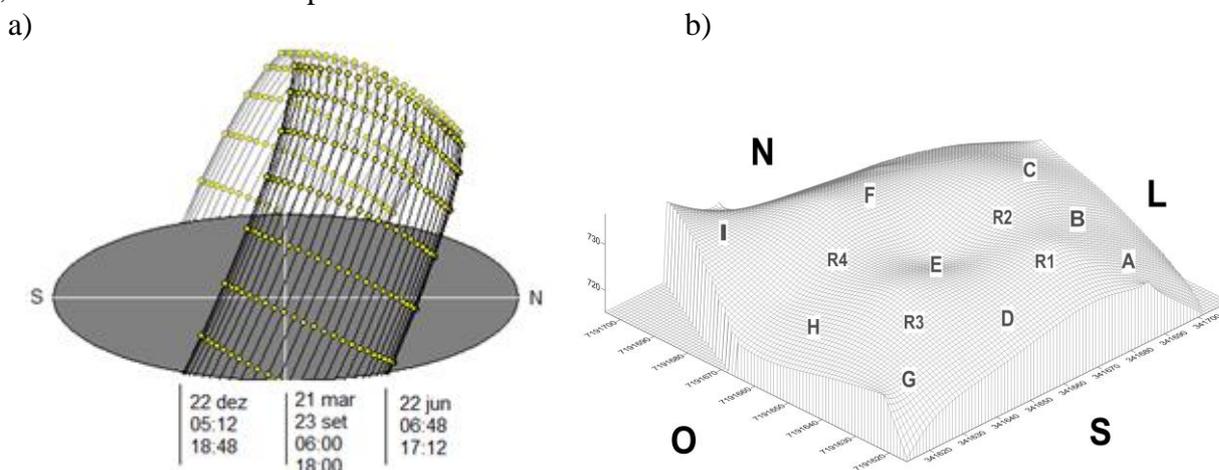


FIGURA 1: Ilustração do movimento diário do sol nas diversas estações do ano para a latitude de 25,5° S (a). Mapa planialtimétrico do pomar de laranjas (b), Nova Laranjeiras, PR. Fonte: adaptado de Gasparin (2013).

Os dados foram analisados por técnicas estatísticas exploratórias, efetuando-se a verificação das medidas de posição como média, mediana; medidas de dispersão como mínimo, máximo, desvio padrão, variância e coeficiente de variação (CV) e medidas de forma como curtose e assimetria. A normalidade dos dados foi verificada por meio dos teste de Shapiro-Wilk e Anderson-Darling ao nível de 5% de significância, admitindo a normalidade dos dados quando ela for verificada em pelo menos um dos testes.

A análise espacial foi realizada para avaliar a variabilidade espacial do atributo estudado, de maneira que há necessidade de se conhecer o grau de dependência espacial entre as amostras por meio de adequações aos semivariogramas utilizando ajustes dos modelos teóricos. A dependência espacial foi classificada segundo Cambardella et al. (1994), em que é considerado o índice de dependência espacial (IDE) forte aos semivariogramas que têm um efeito pepita $\leq 25\%$ do patamar, moderada quando está entre 25 e 75% e fraca quando o IDE $\geq 75\%$. O IDE está descrito na Equação 1.

$$IDE = \frac{c_0}{c_1 + c_0} \times 100 \quad (1)$$

em que,

IDE - índice de dependência espacial;

C₀ - efeito pepita;

C₁ - contribuição.

A validação cruzada foi utilizada para a avaliação do melhor modelo para o semivariograma teórico. A interpolação dos dados deu-se por krigagem e inverso da distância, sendo que a krigagem foi utilizada quando houve dependência espacial dos dados e o inverso da distância foi utilizada quando houve efeito pepita puro, ou seja, quando não houve dependência espacial nos dados.

A correlação espacial foi realizada para avaliar a correlação que cada o atributo estudado possui espacialmente com os quadrantes geográficos. Assim foi criada uma matriz de correlação espacial para avaliar cada coeficiente calculado no nível de 95% de significância (BONHAM et al. 1995). Foi realizado também uma análise de correlação entre as variáveis incidência de doenças foliares e a produtividade para verificar se a produtividade está sendo afetada pela presença ou não de doenças foliares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise descritiva da incidência de doenças foliares (IDF) (Tabela 1), observa-se que os valores médios entre os quadrantes variaram de 8,35 a 10,80% no ano de 2011 e para o ano de 2012 a variação foi de 9,75 a 20,55%. Nota-se que no ano de 2012 o IDF foi superior ao de 2011, isso provavelmente devido ao sombreamento causado pela própria árvore ou pelo contato dos ramos no chão, pois no manejo do pomar não é realizada a poda de limpeza.

TABELA 1. Análise descritiva da incidência de doenças foliares (IDF).

Quadrantes	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP	CV (%)	Curtose	Assimetria
2011								
Sudoeste	10,80	10,92	4,25	16,83	4,17	38,62	-1,50	0,05
Noroeste	9,08	10,05	1,83	15,67	4,23	46,63	-1,19	-0,17
Sudeste	8,35	7,05	0,84	16,93	4,72	56,53	-1,01	0,42
Nordeste	9,66	9,43	0,76	20,08	5,31	54,98	-0,86	0,20
2012								
Sudoeste	9,75	8,19	2,75	18,84	5,30	54,33	-1,19	0,51
Noroeste	13,12	10,93	2,55	29,35	7,82	59,60	-0,64	0,78
Sudeste	11,43	9,26	4,07	24,69	5,39	47,20	0,24	0,90
Nordeste	20,55	16,52	6,38	46,99	13,07	63,60	-0,89	0,75

Variável medida em % de área foliar; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação.

Leal et al. (2010) verificaram variação entre os valores médios de 9,26 a 142,0 plantas com incidência de greening em um pomar cítrico. Reis (2006) observou grande variação na porcentagem de folhas com lesões de cancro cítrico em um pomar de laranjeiras Monte Parnaso, em que no período de dezembro de 2004 a junho de 2005 houve variação média de 0,92 a 2,51% de lesões foliares, porcentagens abaixo das encontradas nesse experimento.

O CV para todos os quadrantes foi classificado como muito alto, indicando a heterogeneidade dos dados, segundo Pimentel Gomes e Garcia (2002), para ambos os anos de estudos. Resultados semelhantes para o CV foram encontrados por Leal et al. (2010).

As condições climáticas favoráveis para a produção da laranja são também boas condições para o aparecimento de doenças, a partir da análise dos dados climáticos no período de floração a colheita (outubro de 2010 a Julho 2011), atentou-se para temperatura média de 20,4°C e umidade relativa do ar de 73%, que beneficia o surgimento de doenças, como verificado na Tabela 1, onde os valores médios em porcentagens variaram de 8,35 a 10,80% de incidência de doenças em folhas.

No período de floração a colheita (outubro de 2011 a Julho 2012), atentou-se para temperatura média de 20,9°C e umidade relativa do ar de 71%, que beneficia o surgimento de doenças, como verificado na Tabela 1. Os valores médios em porcentagens variaram de 9,75 a 20,55% de incidência de doenças em folhas, valores maiores que no mesmo período anterior. Isso deve-se não somente às variações climáticas, mas também a uma série de fatores, como tratos culturais que não são realizados devidamente na cultura.

Na Tabela 2 estão descritos os modelos usados para a geração dos mapas temáticos, utilizando a krigagem como interpolador para o IDF nos dois anos do experimento. A dependência espacial foi classificada como moderada para todos os quadrantes em estudo.

TABELA 2. Modelos e parâmetros dos semivariogramas para incidência de doenças foliares (IDF).

Quadrantes	Modelo	C0	C1	C0+C1	a	IDE
2011						
Sudoeste	Esf	7,708	6,694	14,402	43,430	53,52
Noroeste	Exp	6,224	2,334	8,558	19,586	72,73
Sudeste	Gau	11,222	12,469	23,691	22,141	47,37
Nordeste	Esf	7,850	8,564	16,414	22,993	47,83
2012						
Sudoeste	Esf	16,203	14,853	31,056	23,090	52,17
Noroeste	Esf	30,853	20,569	51,422	37,628	60,00
Sudeste	Gau	11,621	15,107	26,728	45,324	43,48
Nordeste	Exp	55,654	58,437	114,091	13,684	48,78

Esf = esférico; Exp = exponencial; Gau = gaussiano; C0 = efeito pepita; C1 = contribuição; C0+C1 = patamar; a = alcance; IDE = Índice de dependência espacial.

Pelo teste de correlação entre a produtividade e o IDF, para ambos os anos de estudos as correlações foram classificadas como fraca no ano de 2011, indicando que o IDF ainda não influenciou na produtividade do pomar e no ano de 2012 correlacionaram-se negativamente, ou seja, a produtividade é reduzida com o acréscimo da incidência de doenças. O teste de correlação espacial foi realizado e observou-se pela matriz que não houveram coeficientes de correlação significativos entre o IDF e os quadrantes geográficos.

Observa-se na Figura 4 os mapas temáticos do IDF e atenta-se que o quadrante NE no ano de 2011 não segue um padrão de variabilidade como também nos quatro quadrantes no ano de 2012. Nota-se que os maiores valores para o IDF estão nos quadrantes NO, NE e SO para o ano de 2011 e nos quadrantes SO e SE no ano de 2012.

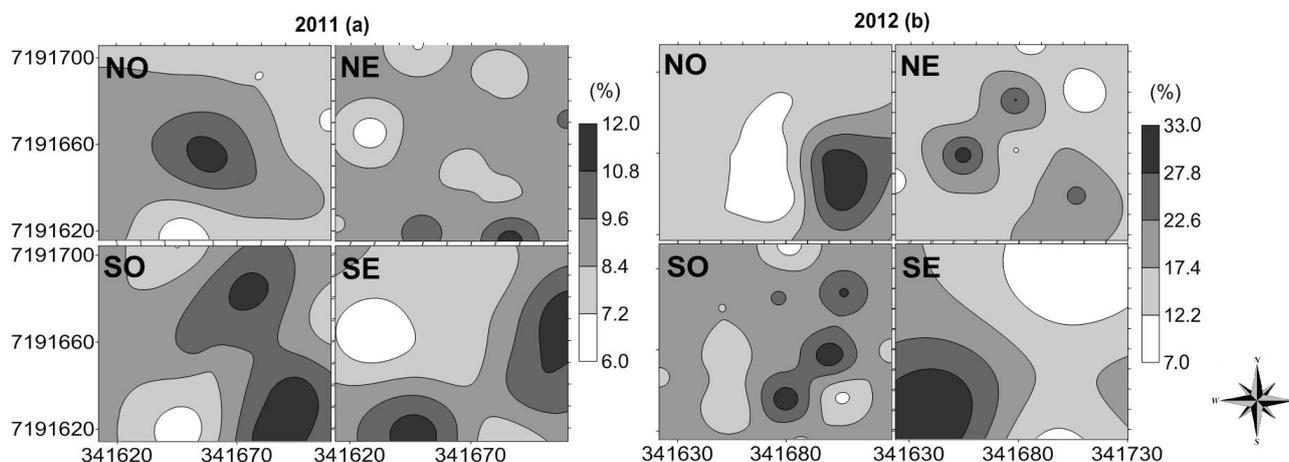


FIGURA 4. Variabilidade espacial do IDF para os anos de 2011 (a) e 2012 (b).

Colaço et al. (2008) verificaram grande densidade de falha no pomar de laranja devido a infestação de doenças, em que as principais regiões infestadas foram L, SE e NE. Leal et al. (2010) observaram por meio de mapas de krigagem que a infestação de doenças expande-se dos limites da área experimental. Roberto et al. (2002) verificaram a dinâmica espacial da clorose variegada dos citros e observaram o aumento da doença principalmente em períodos vegetativos e utilizaram a krigagem para geração de mapas e constataram que na região SO ocorreu os maiores índices de incidência da doença expandindo-se principalmente para a região central da área.

CONCLUSÕES

A incidência de doenças foliares foi verificada no pomar e também a variabilidade espacial entre os quadrantes. Como houveram maiores valores de incidência de doenças foliares nos quatro quadrantes geográficos, conclui-se que não é uma região específica da árvore o principal fator de aparecimento de doenças, contudo, outros fatores externos como o clima e o manejo são de fundamental importância para a presença ou não de doenças no pomar.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. G.; PIMENTA, A. A.; GOES, A. Influência do alinhamento de plantio na severidade da mancha-preta-dos-citros, produção e qualidade do suco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 2009, v. 31, n. 4, p. 1033-1041.

BONHAM, C.D.; REICH, R.M.; LEADER, K.K. Spatial cross-correlation of *Bouteloua gracilis* with site factors. *Grassland Science*, v.41, n.3, p.196-201, 1995.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 1994, v. 58, n. 5, p. 1501-1511.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

COLAÇO, A. F.; CARLOS, E. F.; MOLIN, J. P.; ALVES, W. J. Mapeamento de produtividade, fertilidade e falhas por doenças em pomar comercial de citros. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2008, Piracicaba/SP. Anais... Piracicaba, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2005, 219 p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 3ª Ed. Brasília: EMBRAPA Solos, 2013, 353 p.

FREIRE, F. das C.O. Como coletar, preservar e remeter corretamente amostras para exame fitopatológico. Embrapa Agroindústria Tropical, Circular Técnica, 06, Fortaleza, 2000, 15p.

GASPARIN, E. **Variabilidade espacial tridimensional dos atributos químicos e físicos de frutos em pomar de laranjas.** Cascavel, PR: Tese Doutorado em Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2013.

LEAL, R. M.; BARBOSA, J. C.; COSTA, M. G.; JUNIOR, J. B.; YAMAMOTO, P. T.; DRAGONE, J. Distribuição espacial de huanglongbing (greening) em citros utilizando a geoestatística. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 2010, v.32, n.3, p.808-818.

MORAES, S. A. Quantificação de doenças de plantas. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/doencas/index.htm>. Acesso em: 18 nov. 2011.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002, 309 p.

REIS, B. Incidência de cancro cítrico e produção e qualidade de frutos em laranjeira-de-umbigo 'Monte Parnaso' enxertada sobre sete porta-enxertos. Porto Alegre, RS: Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

ROBERTO, S. R., FARIAS, P. R. S.; BERGAMIN FILHO, A. Geostatistical analysis of spatial dynamics of Citrus Variegated Chlorosis. Fitopatologia Brasileira, 2002, v. 27, p.599-604.

ZHANG, M.; MENG, Q. Automatic citrus canker detection from leaf imagens captured in field. Pattern Recognition Letters, Amsterdam, 2011, v. 32, p. 2036-2046.