AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Distribuição espacial da mancha marrom de alternária em tangerina correlacionada com a fertilidade do solo

Spatial distribution of alternaria brown spot on mandarin correlated with soil fertility

Diandra Messias da Silva
Covre Agricola LTDA (CA)
E-mail: diandramessiasagro@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-5737-7357

Aurivan Soares de Freitas
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
E-mail: aurivansoares@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-5322-3676

Alisson Souza de Oliveira
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
E-mail: alisson.souza@ufu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7885-9542

Laura Thebit de Almeida
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG)
E-mail: laura.almeida@ifnmg.edu.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-4501-134X

Felipe Bernardes Silva
Nexus AgroAmbiente (NAA)
E-mail: felipe.bernardes@nexusagroambiente.com.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-4302-008X

Data de recebimento: 03/04/2023
Data de aprovação: 03/07/2023
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v16i56.16951

Resumo: A mancha marrom de alternária (MMA), causada pelo fungo *Alternaria alternata,* é uma doença limitante no cultivo da tangerina (*Citrus reticulata*). Assim, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a distribuição espacial da MMA e verificar sua relação com a fertilidade do solo, por meio da geoestatística. A área experimental compreendeu de 4,23 ha, onde foram georreferenciados 43 pontos amostrais, espaçados em malha regular de 30 x 30 m. Em cada ponto georreferenciado, avaliou-se a severidade da MMA e a fertilidade do solo. Por meio dos mapas de krigagem, constatou-se maior curva de progresso da doença (AACPD) nas áreas com maiores teores de potássio e manganês. Também, observou-se que nas áreas com menores valores de pH, relação Ca/K e porcentagem de Ca na CTC, houve maiores valores de AACPD. Portanto, o desequilíbrio de nutrientes no solo, aumenta a severidade da mancha marrom de alternária em tangerina.

Palavras-chave: *Alternaria alternata*. Desequilíbrio nutricional. Geoestatística.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Abstract: Alternaria brown spot (ABS), caused by the fungus *Alternaria alternata*, is a limiting disease in tangerine (*Citrus reticulata*) cultivation. Thus, the aim of this work was to evaluate the spatial distribution of ABS and verify its relationship with soil fertility through geostatistics. The experimental area comprised 4.23 ha, where 43 sample points were georeferenced, spaced in a regular grid of 30 x 30 m. At each georeferenced point, the severity of ABS and soil fertility were evaluated. Using the kriging maps, the area under the disease progress curve (AUDPC) was found to be greater in areas with higher levels of potassium and manganese. Also, it was observed that in areas with lower values of pH, Ca/K ratio and percentage of Ca in the CTC, there were higher values of AUDPC. Therefore, nutrient imbalance in the soil increases the severity of alternaria brown spot on mandarin.

Keywords: *Alternaria alternata*. Nutritional imbalance. Geostatistics.

1 Introdução

O Brasil vem se destacando na produção mundial de citros. Em 2022, o país foi o maior produtor mundial de laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], produzindo 16.214.982 toneladas do fruto (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT], 2023). Apesar de *C. sinensis* ser a espécie mais produzida, várias outras espécies, como a *Citrus reticulata* Blanco (tangerineira 'Ponkan'), merecem destaque nos pomares brasileiros, quando o destino é o mercado nacional de frutos *in natura* (Azevedo *et al*., 2010). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2023), em 2021 o Brasil produziu 1.085.048 toneladas de tangerina, sendo que os estados maiores produtores São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul com 334.119, 244.116 e 199.799 toneladas, respectivamente.

Esses valores poderiam ter sido ainda maiores se não existissem diversos fatores responsáveis por reduzir a produção. Dentre eles, destacam-se as doenças, como a mancha marrom de alternária (MMA), cujo agente etiológico é o fungo *Alternaria alternata*. A MMA se tornou um fator limitante na produção de tangerineiras, com reflexos no abandono e deslocamento da citricultura vivenciado pelos produtores na busca de novos segmentos produtivos (Porcino, Nascimento, Souza, Souza, Nunes, 2017). Em tangerinas, a doença ocorre em tecidos jovens de folhas, ramos e frutos, podendo reduzir a produção e a qualidade dos frutos (Azevedo *et al*., 2010).

Devido à suscetibilidade dos materiais genéticos de interesse econômico e em condições ambientais favoráveis, o controle da doença tem sido feito por meio da aplicação de fungicidas (Baraldi, Poloni, Fischer Filho, Pereira, Góes, 2021). O controle químico, apesar da sua simplicidade e eficiência, tem como consequências maiores riscos, como contaminação ambiental quando mal-empregado, além de onerar o custo de produção (Freitas *et al*., 2017). A fim de reduzir o número de aplicações de fungicidas, recomenda-se adotar um conjunto de medidas de controle, incluindo o uso de plantas adequadamente nutridas. Em plantas com nutrição equilibrada, há melhoria na estruturação de folhas e de pétalas de flores, podendo contribuir para o aumento da tolerância à doenças que comumente afetam os pomares cítricos (Petená *et al*., 2016).

No campo, para estudar a relação de doenças com o estado nutricional das plantas, principalmente ao longo da área de plantio ou do espaço, há a necessidade de se adotar metodologia apropriada (Freitas *et al*., 2015). Para entender a distribuição espacial das doenças, bem como compreender melhor a relação entre as variáveis, a geoestatística tem sido apontada como uma das mais importantes metodologias (Silva *et al*., 2019). Essa ferramenta vem sendo utilizada no estudo da dependência espacial entre variáveis de interesse em pomares cítricos, auxiliando no entendimento do comportamento da doença em extensas áreas (Martínez-Minaya, Conesa, López-Quílez, Vicent, 2018).

Dada a importância da mancha marrom de alternária (MMA) para a cultura da tangerina e considerando a escassez de informações sobre seus aspectos

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

epidemiológicos envolvendo a fertilidade do solo, objetivou-se com esse trabalho, estudar a distribuição espacial da MMA e verificar sua relação com a fertilidade do solo, por meio da geoestatística.

2 Materiais e Métodos

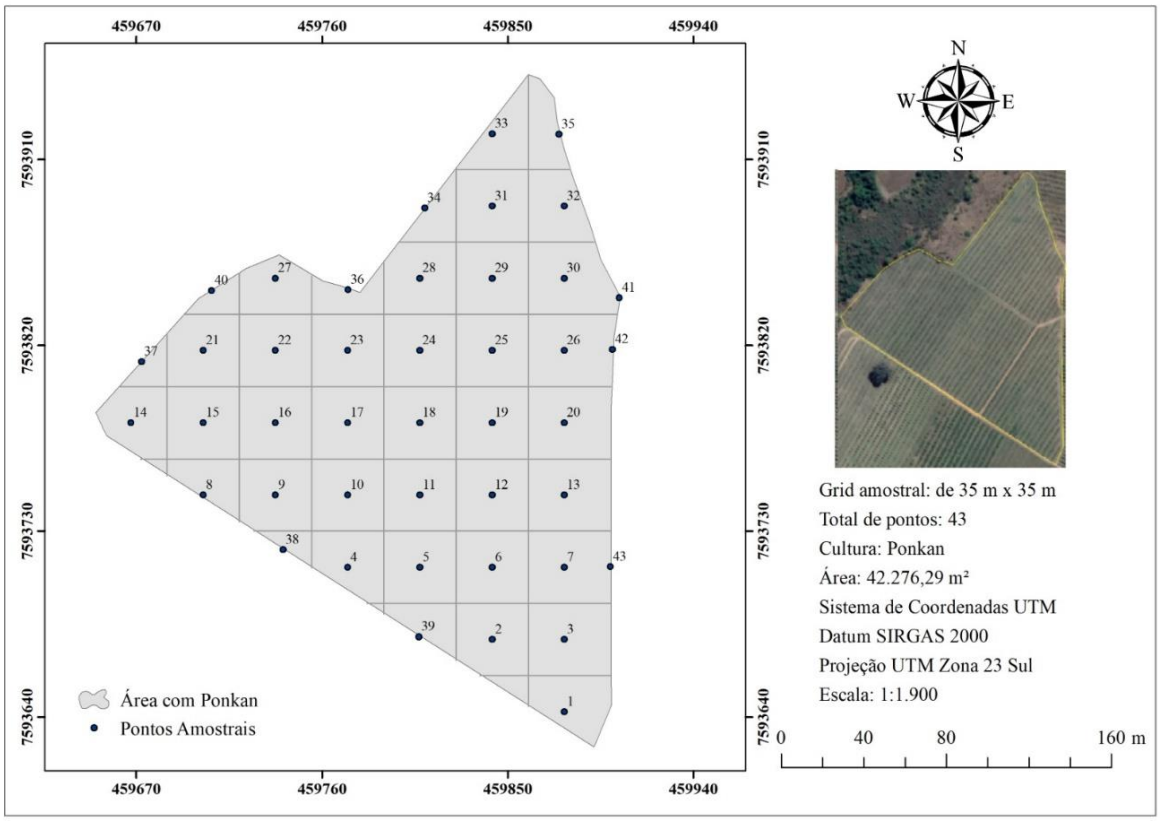
2.1 Localização e dados da área amostral

O experimento foi conduzido entre maio de 2022 e outubro de 2022 na Fazenda São José, localizada no município de Campanha - MG, cujas coordenadas geográficas são 21° 45' 35,29" de latitude Sul e 45° 12' 9,81" de longitude Oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, definido como temperado quente (mesotérmico). O solo predominante na área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. Na área, encontrava-se plantada tangerineira 'Ponkan' (*Citrus reticulata*), enxertada com Citrumelo Swingle, com histórico frequente de mancha marrom de alternária (*Alternaria alternata*).

Ao longo do período experimental, o manejo de doenças foi realizado normalmente e de forma padrão em toda a área, com aplicação de fungicidas como mecanismos de ação protetores, curativos e erradicantes, indicados para a cultura.

A área experimental compreendeu 4,23 ha, na qual foram georreferenciados 43 pontos amostrais espaçados em malha regular de 30 x 30 m (Figura 1). As coordenadas geográficas de cada ponto foram determinadas utilizando o aplicativo GPS Fields Area Measure.

Figura 1. Malha amostral georreferenciada utilizada para avaliar a severidade de mancha marrom de alternária e a fertilidade do solo.
Figure 1. *Georeferenced sampling grid, used to assess the alternaria brown spot severity and soil fertility.*



Fonte: Elaborada pelos autores (2023). ***Source****: Prepared by the authors (2023)*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Em cada ponto georreferenciado, avaliou-se a severidade da mancha marrom de alternária (MMA) e a fertilidade do solo.

2.2 Avaliação da severidade da mancha marrom de alternária

Em cada ponto amostral, selecionou-se uma planta para avaliação da severidade da MMA por meio de escala diagramática (Martelli *et al.,* 2016). Para isso, dividiu-se a planta em quadrantes imaginários (Norte, Sul, Leste, Oeste) inspecionando-se 5 folhas de cada quadrante de forma aleatória, totalizando 20 folhas por planta (Vargas, Duarte, Santos, Moura, Cassino, 2015). Foram realizadas sete avaliações entre 01/05/2021 e 01/11/2021, em intervalos de aproximadamente 30 dias.

2.3 Análise da fertilidade do solo

A fertilidade do solo foi avaliada em cada ponto georreferenciado, por meio da coleta com trado sonda, de quatro amostras simples de solo, em círculo, na projeção da copa das plantas, em pontos equidistantes, na camada de 0 a 0,20 m de profundidade. Após homogeneização, foi retirada uma amostra composta com cerca de 500 g e enviada para o laboratório de análise de solo, Água Limpa®, localizado no município de Manhuaçu - MG, para determinação das seguintes propriedades químicas do solo: pH em água e $CaCl_2$, P-resina, P-rem, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, V, t, T, matéria orgânica, S, B, Fe, Cu, Mn, Zn, relações Ca/Mg, Ca/Mg, Mg/K e porcentagem de Ca, K e Mg na CTC. A coleta do solo foi realizada em 15 de novembro de 2021.

2.4 Análise geoestatística e análise da dependência espacial

A dependência espacial das variáveis e a interpolação dos dados foram analisadas por meio da geoestatística, conforme realizado por Freitas *et al*. (2015). Foram construídos semivariogramas partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância estimada pela seguinte equação 1:

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

Em que:
-Y(h) - semivariância estimada;
-N (h) - número de pares de observações;
-Z(xi) e Z (xi + h) - separados pela distância h.

Os modelos teóricos de semivariogramas isotrópicos, esférico e exponencial, foram estimados de acordo com as equações 2 e 3:

-Modelo esférico:

$$\gamma(h)=\begin{cases}0 & ,h=0\\ C_0+C_1\left[\frac{3}{2}\left(\frac{h}{a}\right)-\frac{1}{2}\left(\frac{h}{a}\right)^3\right]=C0+C1[Sph(h)] & ,0<h\leq a\\ C_0+C_1 & ,h>a\end{cases} \quad (2)$$

-Modelo exponencial:

$$\gamma(h)=\begin{cases}0\\ C_0+C_1\left[1-\exp\left(-\frac{h}{a}\right)\right]=C_0+C_1\,[Exp(h)] & ,\frac{h=0}{h\neq 0}\end{cases} \quad (3)$$

Em que:
C0 - Efeito pepita;
C0 + C - Patamar;
A - Alcance;
h - Distância.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

2.5 Análise de dados

Para obtenção da curva de progresso da doença foi realizada a média aritmética dos dados mensais das avaliações da severidade da doença. O gráfico foi elaborado utilizando-se o *Software* SigmaPlot 10.0. Os dados da fertilidade do solo e da severidade da doença foram comparados por meio de correlações de Pearson utilizando o *Software* R 6.0. As variáveis que apresentaram correlação foram submetidas ao ajuste de modelos de semivariogramas. Após o ajuste dos modelos foi realizada a interpolação por krigagem ordinária, a fim de estimar valores de variáveis para locais onde as mesmas não foram amostradas, com base em valores adjacentes interdependentes. Os mapas de krigagem ordinária foram plotados utilizando-se o *software* QGIS.

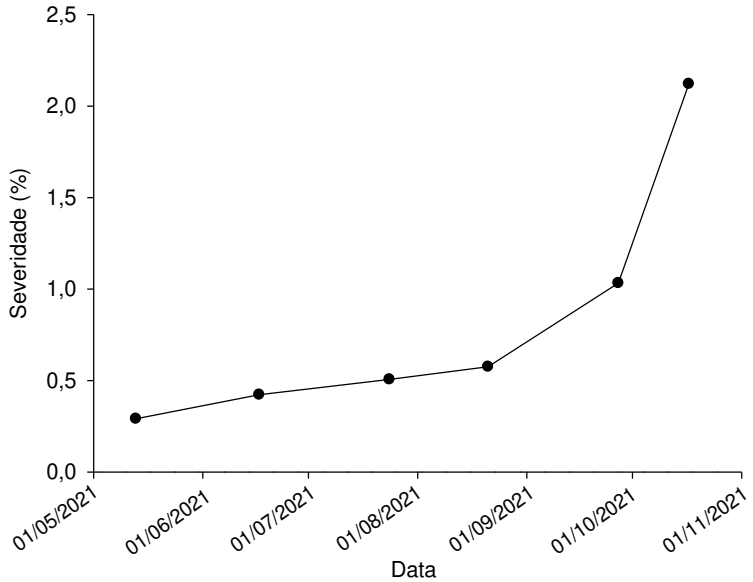
3 Resultados e Discussão

3.1 Curva de progresso para a severidade de mancha marrom de alternária

A severidade da mancha marrom de alternária (MMA) aumentou gradativamente ao longo das avaliações, sendo observado menor valor em maio de 2021 com 0,29% e maior valor em novembro de 2021 com 2,12% (Figura 2). O aumento da severidade da doença nos meses de outubro e novembro pode estar relacionado às condições climáticas favoráveis a doença, já que nestes meses ocorreu maior precipitação. Segundo Timmer, Akimitsu, Solel e Peever (2003) em umidade relativa baixa ou moderada praticamente não há geminação de conídios de *Alternaria alternata*. Além disso, a umidade relativa alta é importante para a liberação e dispersão dos conídios pelo ar, condição mais frequente na época das chuvas (Stuart, Bastianel, Azevedo, Machado, 2009).

Os baixos valores de severidade da doença, entre 0,29 e 2,12%, podem estar relacionados, em parte, à eficiência dos fungicidas aplicados no manejo da doença. Esta condição pode explicar o uso frequente de fungicidas no controle da MMA (Baraldi, Poloni, Fischer Filho, Pereira, Góes, 2021).

Figura 2. Área foliar lesionada (%) por *Alternaria alternata* em tangerineira 'Ponkan' no período de 01/05/2021 a 01/10/2021.
***Figure 2**. Leaf area injured (%) by Alternaria alternata on 'Ponkan' mandarin tree in the period from 05/01/2021 to 10/01/2021*.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023). ***Source**: Prepared by the authors (2023)*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

3.2 Teores de nutrientes

Os teores mínimo, médio e máximo de nutrientes no solo apresentaram ampla variação (Tabela 1). Na análise dos teores médios dos nutrientes observa-se que os teores de P, K, Fe, Cu, Zn e Mn encontravam-se acima do estabelecido por Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). Considerando estes autores, os teores de S e Mg apresentavam-se na classe muito boa e os teores de Ca e B nas classes bom e médio, respectivamente. Em estudo realizado com mudas *Citrus grandis* e *C. sinensis*, observou-se que a deficiência de N reduziu concentração deste elemento nas folhas, caules e raízes. Além disso, houve maior desequilíbrio nutricional, alterações nas características fisiológicas e menor crescimento das plantas (Huang *et al*., 2021a).

Tabela 1. Propriedades químicas e teores de nutrientes no solo coletado em 15/11/2021
Table 1*. Chemical properties and nutrient content in the soil collected on 11/15/2021*
Teores de: fósforo (P), potássio (K), ferro (Fe), cobre (Cu), enxofre (S), boro (boro), zinco (Zn), manganês (Mn), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH em água, pH por $CaCl_2$ porcentagem de Ca na CTC (Ca CTC) e relação Ca/Mg. Desvio Padrão (DP). **Fonte**: Elaborada pelos autores (2023)
Levels of: phosphorus (P), potassium (K), iron (Fe), copper (Cu), sulfur (S), boron (boron), zinc (Zn), manganese (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), pH in water, pH by Cal2 percentage of Ca in CTC (Ca CTC) and Ca/Mg ratio. Standard Deviation (DP). ***Source****: Prepared by the authors (2023)*

	Teores de nutrientes													
	P-resina	K	Fe	Cu	S	B	Zn	Mn	Ca	Mg	pH água	pH $CaCl_2$	Ca CTC	Ca/mg
	----------mg/dm³----------								-cmolc/dm³-		-		%	-
Máximo	84,8	438,4	86,1	6,2	35,3	0,8	9,2	47,1	13,8	2,4	7,4	6,7	75,9	4,8
Mínimo	2,2	165,8	28,4	2,5	2,0	0,3	1,4	8,8	2,1	0,7	5,5	4,9	27,2	1,8
Médio	19,7	268,9	50,0	3,7	7,9	0,5	4,3	19,9	3,6	1,5	6,7	6,1	48,3	2,8
DP	18,05	71,30	15,00	0,90	7,62	0,11	1,82	9,46	1,76	0,34	0,50	0,51	12,91	0,65

3.3 Correlação entre as variáveis

Constatou-se correlação significativa entre a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e os teores de nutrientes no solo (Tabela 2). Houve correlação negativa entre a AACPD e os valores de pH, porcentagem de cálcio na CTC e relação Ca/Mg. Por outro lado, constatou-se correlação positiva entre a AACPD e teores de K e Mn (Tabela 2).

Tabela 2. Correlação entre área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mancha marrom de alternária e teores de nutrientes no solo
Table 2*. Correlation between area under the disease progress curve (AUDPC) of alternaria brown spot and soil nutrient content*

	Variáveis				
	pH	K	% de Ca na CTC	Ca/Mg	Mn
AACPD	-0,38	0,28	-0,34	-0,35	0,43

Significativo a 5% de probabilidade. **Fonte**: Elaborada pelos autores (2023)
Significant at 5% probability. ***Source****: Prepared by the authors (2023)*

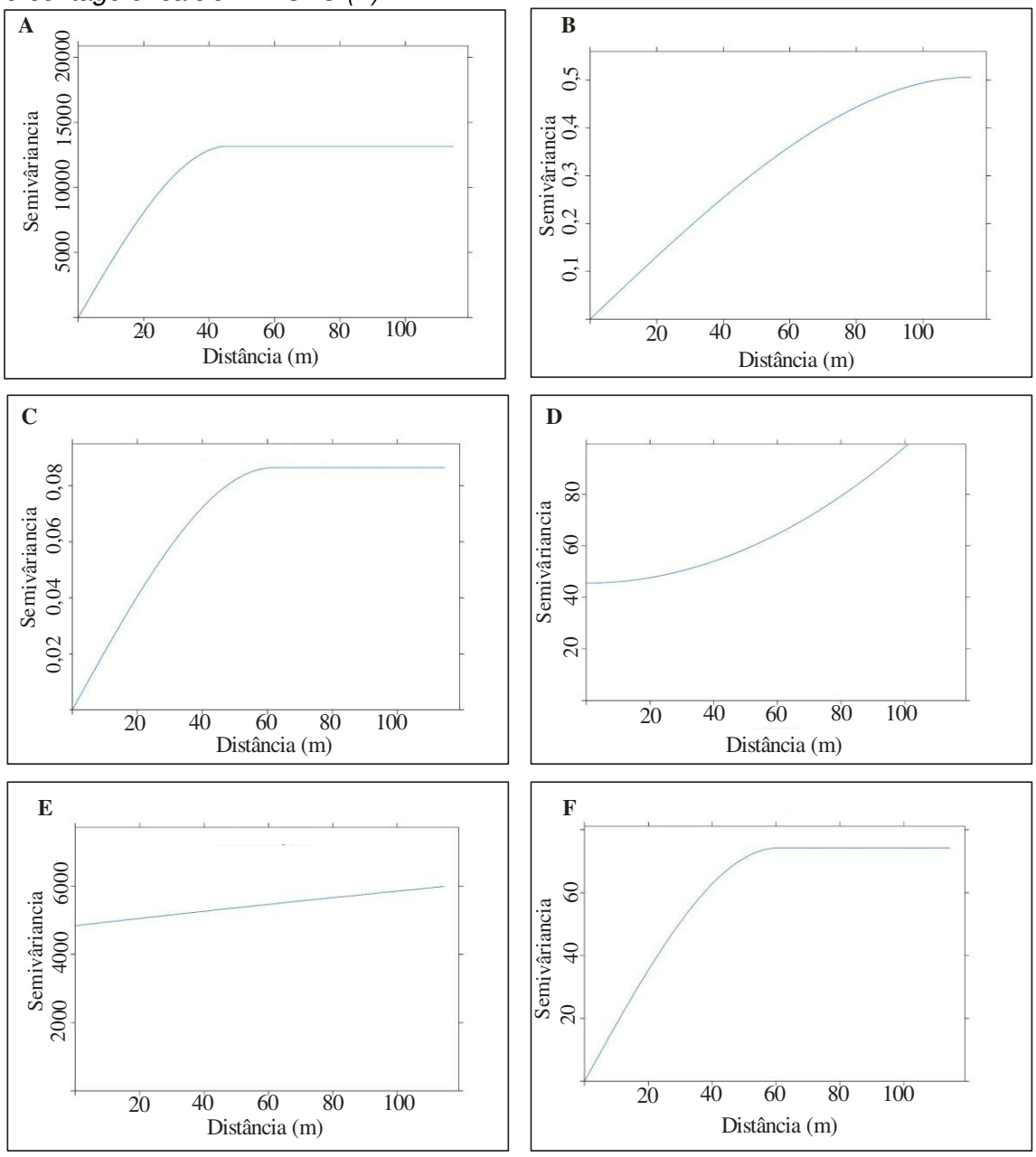
3.4 Ajustes dos semivariogramas das variáveis

Após o teste de correlação, as variáveis significativas foram submetidas ao estudo de análise exploratória espacial. O modelo esférico teve melhor ajuste para as variáveis AACPD, relação Ca/Mg e pH, os quais apresentaram alcance de dependência espacial de 44, 54 e 27 m, respectivamente (Figura 3 A, B e C). Freitas *et al*. (2015) estudando a relação entre a sigatoka-amarela da bananeira e dados de fertilidade do solo e nutrição das plantas, constataram que o modelo esférico apresentou melhor ajuste para todas as variáveis.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Para as demais variáveis, o modelo exponencial apresentou melhor ajuste (Figura 3 D, E e F). Dentre estas, o modelo exponencial elaborado para a porcentagem de cálcio na CTC, apresentou melhor ajuste, com alcance de 58 m (Figura 1 F). Isto demostra que a grade amostral adotada no presente trabalho (30 x 30m) foi suficiente para expressar a variabilidade espacial das variáveis, com alcance representativo e capaz de captar a variação das variáveis estudadas. Segundo Freitas *et al.* (2017) o alcance é uma distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente e sua medida é importante no planejamento e na avaliação experimental, pois pode auxiliar na definição do procedimento de amostragem.

Figura 3. Modelos dos semivariogramas estimados para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mancha marrom de alternária (A), relação Ca/Mg (B), pH (C), Mn (D), K (E) e porcentagem de cálcio na CTC (F).
Figure 3*. Models of semivariograms estimated for the area under the disease progress curve (AUDPC) of alternaria brown spot (A), Ca/Mg ratio (B), pH (C), Mn (D), K (E) and percentage of calcium in CTC (F).*



Fonte: Elaborada pelos autores (2023). ***Source****: Prepared by the authors (2023)*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Mapas de Krigagem

Constatou-se por meio dos mapas de krigagem que a maior severidade da MMA foi observada nas partes mais baixas do terreno (Figura 4). Este fator pode ter contribuído com a maior suscetibilidade da cultura, favorecendo o progresso da doença (Porcino, Nascimento, Souza, Souza, Nunes, 2017).

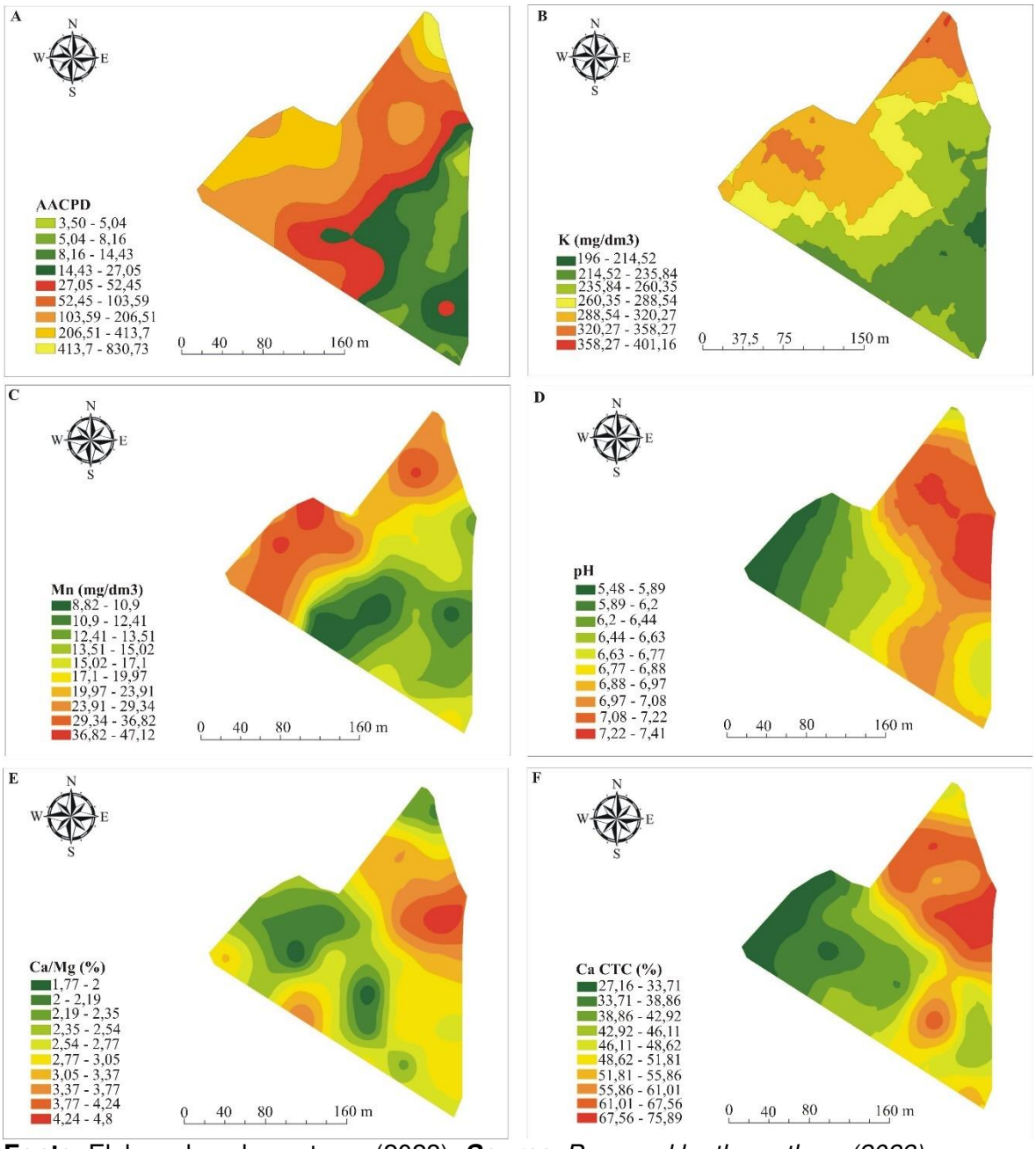
Por meio dos mapas de Krigagem, também observou-se que nas áreas com menores valores de pH, houve maior severidade da doença (Figura 4 A e D). Resultados semelhantes foram encontrados por Li, Wang, Zhang e Qiu (2020). Os autores observaram que a correção da acidez do solo reduziu a severidade de Huanglongbing - HLB (*Candidatus* Liberibacter asiaticus) em laranja doce. Para Bernert, Eschemback, Jadoski, Lima e Pott (2015), o pH é um fator que deve ser monitorado, pois está diretamente relacionado com a capacidade da planta em absorver nutrientes. Dessa forma, a adição de calcário em solos ácidos torna-se uma prática imprescindível (Atta, Morgan, Hamido, Kadyampakeni, 2020).

Já para a relação Ca/Mg e a porcentagem de Ca na CTC, observou-se que nas áreas onde os valores destas variáveis foram mais elevados houve maior AACPD (Figura 4 A, E e F). Em função dos valores baixos do pH do solo estes resultados já seriam evidentes, pois a prática da calagem, além de corrigir a acidez também fornece Ca e Mg (Huang *et al*., 2021b). O cálcio atua na estabilidade da biomembrana, na construção e no fortalecimento da parede celular, além de desempenhar papel-chave no reconhecimento de patógenos invasores na membrana plasmática (Freitas *et al*., 2017). Em estudo realizado com laranjeiras 'Pera' (*Citrus sinensis*) fertilizadas com lodo de esgoto, evidenciou-se que o desbalanço nutricional entre Ca e Mg causou prejuízos à absorção de Mg (Romeiro, Grassi Filho, Moreira, 2014). Para Sombra *et al*. (2018) a disponibilidade adequada de Ca pode melhorar as condições de crescimento radicular, estimular a atividade microbiana e auxiliar na disponibilidade e na absorção de outros nutrientes. Portanto, a nutrição adequada dos pomares é um dos fatores essenciais para garantir o sucesso da atividade na região produtora.

Em relação aos teores de K, observou-se as áreas com maiores teores deste elemento corresponderam àquelas com maiores valores de AACPD (Figura 4 A e B). Isto pode estar relacionado ao fato deste elemento, em excesso, causar desequilíbrio nutricional. Segundo Silva, Assis, Carvalho, Vieira e Santos (2020) o excesso de potássio inibe a absorção de Ca e Mg pela planta, os quais competem pelo sítio de absorção do K, favorecendo assim a intensidade de doença. Freitas *et al*. (2017) observaram em solução nutritiva, que concentrações elevadas de K reduziram os teores foliares de nitrogênio, fósforo, magnésio, boro, cobre, zinco e manganês e favoreceram o aumento da severidade da sigatoka-amarela da bananeira.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Figura 4. Mapas de krigagem para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de mancha marrom de alternária (A), teores de K (B), teores de Mn (C), pH (D), relação Ca/Mg (E) e porcentagem de Ca na CTC (F).
Figure 4. *Kriging maps for area under the disease progress curve (AUDPC) of alternaria brown spot (A), K contents (B), Mn contents (C), pH (D), Ca/Mg ratio (E) and percentage of Ca in CTC (F).*



Fonte: Elaborada pelos autores (2023). ***Source****: Prepared by the authors (2023).*

Da mesma forma, constatou-se nas áreas com maiores teores de manganês, maior severidade da doença (Figura 4 A e C). Sobral, Vasconcelos, Anjos e Valença (2019) propuseram que 4,32 mg dm^{-3} de Mn no solo pode ser considerado suficiente para laranjeiras com 4 anos. No presente estudo, valores acima de 47 mg dm^{-3} foram observados em algumas áreas. Isso pode ter causado desequilíbrio fisiológico e resultado em maior agravamento da doença na planta. Segundo Santos *et al.* (2017), o excesso de

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Mn pode causar degradação da membrana lipídica, o que pode prejudicar o metabolismo celular e levar a senescência das plantas. Neste sentido, torna-se importante identificar e corrigir problemas causados por desequilíbrios nutricionais.

4 Conclusão

A geoestatística permitiu entender a relação entre a fertilidade do solo e a distribuição espacial da mancha marrom de alternária (MMA) em tangerina. No geral, o desequilíbrio de nutrientes no solo aumenta a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Portanto, teores elevados de potássio e manganês e valores baixos de pH, relação Ca/K e porcentagem de Ca na CTC influenciam o aumento da AACPD em tangerina.

5 Agradecimentos

Aos proprietários da Fazenda De Marchi, Sr. Herick Demarchi, e a toda sua equipe gestora, por ceder a fazenda para a realização deste trabalho. Ao laboratório Água Limpa, Sr. Félix de Carvalho Augusto, ao engenheiro-agrônomo Alyson Pereira e a empresa De Marchi pelo custeio das análises de solo.

6 Referências

Atta, A. A., Morgan, K. T., Hamido, S. A., & Kadyampakeni, D. M. (2020). Effect of essential nutrients on roots growth and lifespan of huanglongbing affected citrus trees. *Plants*, 9(4), 483. Doi: https://doi.org/10.3390/plants9040483

Azevedo, F. A., Polydoro, D. A., Bastianel, M., Kupper, K. C., Stuart, R. M., Costa, F. P., & Pio, R. M. (2010). Resposta de diferentes genótipos de tangerinas e seus híbridos à inoculação *in vitro* e *in vivo* de *Alternaria alternata*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(3), 944-951. Doi: https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000085

Baraldi, A. L. M., Poloni, N. M., Fischer Filho, J. A., Pereira, F. D., & Góes, A. (2021). Sensibilidade de *Alternaria alternata*, agente causal da mancha marrom de alternária a fungicidas do grupo químico das estrobilurinas. *Citrus Research & Technology*, 42, 0-1. Doi: https://doi.org/10.4322/crt.23222

Bernert, M. R., Eschemback, V., Jadoski, S. O., Lima, A. D. S., & Pott, C. A. (2015). Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. *Applied Research & Agrotechnology* 8(1), 80-87. Doi: https://doi.org/10.5935/PAeT.V8.N1.10.

Food and Agriculture Organization of the United Nations [Faostat]. (2023). Disponível em: http://faostat.fao.org/. Acessado em 27 março 2023.

Freitas, A. S., Pozza, E. A., Alves, M. C., Coelho, G., Rocha, H. S., & Pozza, A. A. A. (2015). Spatial distribution of Yellow Sigatoka Leaf Spot correlated with soil fertility and plant nutrition. *Precision Agriculture*, 17, 93-107. Doi: https://doi.org/10.1007/s11119-015-9409-6

Freitas, A. S., Pozza, E. A., Pozza, A. A. A., Soares, M. G. O., Silva, H. R., & Pérez, C. D. P. (2017). Interaction between potassium (K) and calcium (Ca) on the severity of Yellow Sigatoka in banana plants. *African Journal of Agricultural Research, 12* (16), 1353-1361. Doi: https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12279

Huang, W. T., Xie, Y. Z., Chen, X. F., Zhang, J., Chen, H. H., Ye, X., ... & Chen, L. S. (2021a). Growth, mineral nutrients, photosynthesis and related physiological parameters

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

of *Citrus* in response to nitrogen deficiency. *Agronomy*, 11(9), 1859. Doi: https://doi.org/10.3390/agronomy11091859

Huang, X., Muneer, M. A., Li, J., Hou, W., Ma, C., Jiao, J., ... & Zheng, C. (2021b). Integrated nutrient management significantly improves Pomelo (*Citrus grandis*) root growth and nutrients uptake under acidic soil of southern China. *Agronomy*, 11(6), 1231. Doi: https://doi.org/10.3390/agronomy11061231

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2023). Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/. Acessado em 27 março 2023.

Li, B., Wang, S., Zhang, Y., & Qiu, D. (2020). Acid soil improvement enhances disease tolerance in citrus infected by *Candidatus* Liberibacter *asiaticus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10), 1-19. Doi: https://doi.org/10.3390/ijms21103614

Martelli, I. B., Pacheco, C. A., Bastianel, M., Schinor, E. H., Conceição, P. M., & Azevedo, F. A. (2016). Diagrammatic scale for assessing foliar symptoms of alternaria brown spot in citrus. *Agronomy Science and Biotechnology, 2*(2), 57-57, 2016. Doi: https://doi.org/10.33158/ASB.2016v2i2p57

Martínez-Minaya, J., Conesa, D., López-Quílez, A., & Vicent, A. (2018). Spatial and climatic factors associated with the geographical distribution of citrus black spot disease in South Africa. A Bayesian latent Gaussian model approach. *European Journal of Plant Pathology, 151,* 991-1007. Doi: https://doi.org/10.1007/s10658-018-1435-6

Petená, G., Tanaka, F. A. O., Mesquita, G. L., Boaretto, R. M., Zambrosi, F. C. B., Quaggio, J. A., & Mattos-Jr, D. (2017). Scanning electron microscopy of leaf and petal cuts of citrus trees fertigated with two nitrogen sources. *Citrus Research & Technology*, 37(2), 218-225. Doi: https://doi.org/10.4322/crt.ICC119

Porcino, M. M., Nascimento, L. C. D., Souza, J. D. O., Souza, B. O. D., & Nunes, M. C. (2017). Caracterização morfogenética e reação de resistência de genótipos de tangerineira a *Alternaria alternata* f. sp. *citri*. *Summa Phytopathologica*, 43(2), 118-123. Doi*:* https://doi.org/10.1590/0100-5405/17116

Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez, V. V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 5ª Aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, – Viçosa, MG, 1999. 359p.: il

Romeiro, J. C. T., Grassi Filho, H., & Moreira, L. L. Q. (2014). Absorção de N, P, K, CA e Mg por laranjeiras 'pêra'fertilizadas com lodo de esgoto compostado em substituição à adubação nitrogenada mineral. *Irriga*, 19(1), 82-93. Doi: https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p82

Santos, E. F., Santini, J. M. K., Paixão, A. P., Furlani Júnior, E., Lavres, J., Campos, M., & Reis, A. R. (2017). Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. *Plant Physiology and Biochemistry*. 113, 6–19. Doi: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.01.022

Silva, F. J., Assis, G. A., Carvalho, F. J., Vieira, B. S., & Santos, L. C. 2020. Adubação nitrogenada e potássica e sua relação com a incidência de cercosporiose e ferrugem em cafeeiro fertirrigado. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, *18*(3), 29-35. Doi: https://doi.org/10.28998/rca.v18i3.10322

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Silva, M. G., Pozza, E. A., Vasco, G. B., Freitas, A. S., Chaves, E., Paula, P. V. A. A., ... & Pozza, A. A. A. (2019). Geostatistical analysis of coffee leaf rust in irrigated crops and its relation to plant nutrition and soil fertility. *Phytoparasitica*, 47, 117-134. Doi: https://doi.org/10.1007/s12600-019-00714-5

Sobral, L. F., Vasconcelos, A., Anjos, J. L., & Valença, A. R. (2019). *Relações entre os teores de zinco, manganês e cobre no solo e na folha da laranjeira*. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 16 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, 145).

Sombra, K. E. S., Costa, A. C., Loureiro, F. L. C., Silva, J. A. N., Santos Filho, L. G., & Uchôa, C. N. (2018). Atributos físicos e químicos de solos de pomares de laranja doce no semiárido do Ceará, Brasil. *Citrus Research & Technology*, 39, 1-10. Doi: https://doi.org/10.4322/crt.16318

Stuart, R. M.; Bastianel, M.; Azevedo, F. A.; & Machado, M. A. (2009). Alternaria Brown Spot. *Laranja*, 30(1-2), p.29-44.

Timmer, L. W., Akimitsu, K., Solel, Z. V. I., & Peever, T. L. (2003). Alternaria diseases of citrus-novel pathosystems. *Phytopathologia Mediterranea* 42, 99–112.

Vargas, A. S., Duarte, M. N., Santos, M. R. G., Moura, L. C., & Cassino, P. C. R. (2015). - Dinâmica populacional de insetos-praga em um cultivo agroecológico de Lima Ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) no município de Vassouras-RJ. *Revista Eletrônica TECCEN*, *8*(2): 81-84. Doi: https://doi.org/10.21727/teccen.v8i2.519

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.