

**JHERSYKA DA SILVA PAES**

**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE *Liriomyza huidobrensis* EM CULTIVOS DE  
TOMATE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço

Coorientadores: Mayara Cristina Lopes  
Tamíris Alves de Araújo

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus  
Viçosa

T

P126d  
2022 Paes, Jhersyka da Silva, 1991-  
Dinâmica espaço-temporal de *Liriomyza huidobrensis* em  
cultivos de tomate / Jhersyka da Silva Paes. – Viçosa, MG, 2022.  
1 dissertação eletrônica (29 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Entomologia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 25-29.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.116>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Mosca-minadora. 2. Geologia - Métodos estatísticos.  
3. Pragas agrícolas - Controle integrado. I. Picanço, Marcelo  
Coutinho, 1958-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em  
Entomologia. III. Título.

CDD 22. ed. 595.774

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima  
Alves CRB6/2578

**JHERSYKA DA SILVA PAES**

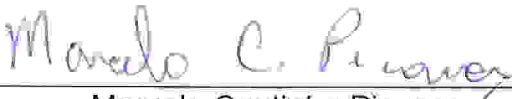
**DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DE *Liriomyza huidobrensis* EM CULTIVOS DE TOMATE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2022.

Assentimento:

  
\_\_\_\_\_  
Jhersyka da Silva Paes  
Autora

  
\_\_\_\_\_  
Marcelo Coutinho Picanço  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter abençoado meus caminhos, pelo seu amor, cuidado e paz em Cristo Jesus.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo financiamento dos meus estudos.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço pela participação na minha formação, orientação e amizade ao longo desses anos de convívio.

As professoras Mayara Lopes e Tamiris Araújo, pela coorientação e pelos exemplos de motivação, dedicação e profissionalismo.

Aos membros da banca, Pablo e Ricardo, pela cordialidade em aceitar o convite e pela forma valiosa como participaram.

Aos amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas pelo convívio, troca de conhecimentos e especialmente pela amizade.

Em especial, aos meus pais, Esly Albino Paes e Sonia Maria da Silva Paes, pelo amor incondicional, carinho, ensinamentos, incentivo e dedicação desde o meu primeiro dia de vida.

As minhas irmãs Stefany e Krisley, pelo amor, amizade e companheirismo.

As minhas avós Maria e Terezinha (*In memoriam*), por todo amor, cuidado e incentivo em toda minha vida.

Aos meus amigos, em especial a Dilma de Paula, João Victor Marçal e Mikaelison Lima, pelo incentivo e por todos momentos compartilhados.

## RESUMO

PAES, Jhersyka da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Dinâmica espaço-temporal de *Liriomyza huidobrensis* em cultivos de tomate.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Coorientadores: Mayara Cristina Lopes e Tamíris Alves de Araújo.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo. A mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) é uma das principais pragas nos cultivos de tomate. Os estudos de distribuição espaço-temporal das pragas possibilitam a determinação dos padrões de colonização e dispersão destes organismos nas lavouras. Importância também no estabelecimento de sistemas de tomada de decisão de controle e na determinação dos fatores que regulam as populações das pragas. A geoestatística é uma ferramenta adequada para realização desses estudos. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a dinâmica espaço-temporal de *L. huidobrensis* em campos de tomate. Foram monitorados durante dois anos as densidades de *L. huidobrensis*, os elementos climáticos, o estágio das plantas e a vegetação da circunvizinhança em oito lavouras comerciais de tomate. Os riscos de a praga atingir altas populações foi maior em períodos de menor umidade relativa do ar, de ventos de menor velocidade e quando as plantas estavam no início do estágio reprodutivo. A colonização de *L. huidobrensis* iniciou tanto pelas bordaduras como pelas partes internas das lavouras. Na colonização dos campos as populações do inseto apresentaram geralmente distribuição espacial aleatória. À medida que a densidade do inseto aumentou suas populações apresentou distribuição agregada. Quando suas populações atingiram densidades muito altas elas apresentaram distribuição uniforme. Nos campos os focos da praga ocuparam maiores áreas com o aumento de sua densidade. Portanto, para se detectar os focos de ataque de *L. huidobrensis*, as amostragens desta praga devem ser realizadas em toda a área desde o início do cultivo. Em épocas secas, de ventos de baixa velocidade e no início do estágio reprodutivo das plantas deve-se realizar amostragens mais frequentes, já que nesta situação é alto o risco de a praga causar danos. Os focos da praga devem ser controlados quando eles são de pequeno tamanho, já que tendem aumentar.

Palavras-chave: Ecologia de populações. Mosca minadora. Manejo integrado de pragas. Clima. Geoestatística. *Solanum lycopersicum*.

## ABSTRACT

PAES, Jhersyka da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Spatio-temporal dynamics of *Liriomyza huidobrensis* in tomato crops.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-advisers: Mayara Cristina Lopes and Tamiris Alves de Araújo.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the second most cultivated vegetable in the world. The leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) is one of the main pests in tomato crops. The spatio-temporal distribution studies of pests make it possible to determine the patterns of colonization and dispersion of these organisms in crops. They are also important in establishing control decision-making systems and determining the factors that regulate pest populations. Geostatistics is an adequate tool for carrying out these studies. Thus, the objective of this work was to determine the spatio-temporal dynamics of *L. huidobrensis* in tomato fields. *L. huidobrensis* densities, climatic elements, plant stage and surrounding vegetation were monitored for two years in eight commercial tomato crops. The risks of the pest reaching high populations were higher in periods of lower relative humidity, of lower wind speeds within the range and when plants were at the beginning of the reproductive stage. The colonization of *L. huidobrensis* started both in the borders and in the internal parts of the crops. In the field colonization, insect populations generally showed random spatial distribution. As the insect density increased its populations, it generally presented aggregated spatial distribution. When their populations reached very high densities they showed uniform spatial distribution. In the fields, the outbreaks of the pest occupied larger areas with the increase in their density. Therefore, in order to detect *L. huidobrensis* attack foci, sampling of this pest must be carried out in the entire area from the beginning of cultivation. In dry seasons, with low wind speeds and at the beginning of the reproductive stage of the plants, more frequent sampling should be carried out, since in this situation the risk of the pest causing damage is high. Pest outbreaks must be controlled when they are small in size, as they tend to increase in size.

Keywords: Population ecology. Leafminer fly. Integrated pest management. Climate. Geostatistics. *Solanum lycopersicum*.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
2.1. Condições experimentais .....	10
2.2. Coleta de dados .....	10
2.3. Análises dos dados.....	13
2.3.1. Variação da densidade de <i>L. huidobrensis</i> e dos elementos climáticos nas lavouras .....	13
2.3.2. Distribuição espacial de <i>L. huidobrensis</i> nas lavouras.....	14
2.3.3. Determinação dos fatores que regularam as populações do inseto .....	15
3. RESULTADOS .....	16
3.1. Variação da densidade do inseto e dos elementos climáticos nas lavouras .....	16
3.2. Distribuição espacial do inseto nas lavouras .....	16
3.3. Fatores que regularam as populações do inseto .....	19
4. DISCUSSÃO .....	21
5. CONCLUSÕES .....	24
REFERÊNCIAS .....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo (Pedro & Ferreira, 2007; FAO, 2020). Os cultivos de tomate ocupam uma área de cerca de 5 milhões de hectares com uma produção anual de 186 milhões de toneladas métricas no mundo (FAO, 2020). O Brasil é o décimo maior produtor de tomate com uma produção de 3.753.595 toneladas métricas (FAO, 2020). Além da parte econômica, os cultivos de tomate têm importância social e alimentar. Sua importância social se deve a esses cultivos serem feitos principalmente por pequenos agricultores e gerarem uma renda de até U\$2 mil a U\$25 mil e até três empregos por hectare cultivado (Reardon et al., 2009; Gil et al., 2019). Sua importância alimentar e nutricional se deve aos seus frutos possuírem alto teor de nutrientes como o licopeno,  $\beta$ -caroteno, vitaminas C e E, flavonóides que apresentam efeitos anticâncer, antimicrobiano, antimutagênico e cardioprotetor (Kumar et al., 2021).

Entre as principais pragas nas lavouras de tomate está a mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) (Jones et al., 2016; Lopes et al., 2019b). *L. huidobrensis*, é uma espécie polífaga que possui 365 espécies de plantas hospedeiras pertencentes a 49 famílias (Zehnder & Trumble, 1984; López et al., 2010; Weintraub et al., 2017). Este inseto está presente em todos os continentes do mundo (Liu et al., 2015). Durante o ciclo de vida ele passa pelos estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Seus adultos têm atividade diurna. Os ovos são esbranquiçados e translúcidos e eles são inseridos pelo ovipositor das fêmeas no parênquima foliar. As larvas se alimentam das células do parênquima foliar confeccionando minas de formato serpenteado. Durante o estágio larval este inseto passa por três instares. No final desse estágio, a larva sai do interior da mina e empupa na superfície foliar. A pupa fica aderida à superfície foliar por fios de seda e geralmente cai no solo (Weintraub et al., 2017).

Este inseto praga causa danos às plantas de tomate por reduzir a fotossíntese e possibilitar a infecção das plantas por fitopatógenos, sobretudo por bactérias (Parrella et al., 1985). Em altas densidades de larvas deste inseto causa senescência prematura das folhas, resultando na exposição dos frutos aos raios solares diminuindo a qualidade dos frutos (Parrella, 1987; Pyung et al., 2007; Weintraub et al., 2017).

Os estudos de distribuição espaço-temporal dos insetos pragas possibilitam a determinação dos padrões de colonização e dispersão destes herbívoros nos campos de cultivo (Taylor, 1984; Martins et al., 2018; Pereira et al., 2020). Esses estudos são importantes para o estabelecimento de sistemas de tomada de decisão de controle e para a determinação dos fatores que regulam as populações dos insetos praga (Sciarretta & Trematerra, 2014; Ribeiro et al., 2021). O padrão de distribuição espacial dos insetos nos campos pode ser ao acaso, agregado ou uniforme (Hughes & Mckinlay, 1988; Hughes, 1996). Na distribuição ao acaso as populações do inseto ocupam de forma aleatória a área das lavouras. Já na distribuição uniforme, as populações do inseto ocupam de forma homogênea a área das lavouras. Por outro lado, na distribuição agregada as populações do inseto ficam agrupadas em maiores densidades em determinados locais das lavouras (Isaaks & Srivastava, 1989; Rosado et al., 2015)

A geoestatística é uma ferramenta adequada realização de estudos da distribuição espacial das populações de insetos nas lavouras (Liebhold et al., 1993; Rosado et al., 2015). Nesses estudos é feita a localização geográfica das amostras avaliadas. Posteriormente, são confeccionados semivariogramas (modelo da semivariância dos dados em função da distância entre as amostras) (Isaaks & Srivastava, 1989). Os modelos sem dependência espacial entre os dados só possuem efeito pepita (é o intercepto no eixo dos Y do modelo e ele indica a variação ao acaso dos dados) e eles estão associados as distribuições espaciais ao acaso e uniforme (Hughes, 1996; Sciarretta & Trematerra, 2014; Ramos et al., 2019). Já os modelos com dependência espacial entre os dados possuem efeito pepita + patamar (valor máximo do semivariograma no eixo dos Y) e eles estão associados à distribuição espacial agregada (Sciarretta & Trematerra, 2014; Ribeiro et al., 2021). Nos modelos com dependência espacial o alcance é a distância máxima em que as amostras estão correlacionadas espacialmente. Além disso, a geoestatística possibilita estimar dados onde não foram amostrados dentro da área, interpolação, e assim possibilitam a

confeção de mapas de (Kanevski et al., 2000; Sciarretta & Trematerra, 2014) distribuição espacial dos organismos em determinada área.

Entre os principais fatores que regulam a dinâmica espaço-temporal das populações das pragas estão os elementos climáticos, estágio fenológico das plantas e a vegetação na circunvizinhança das lavouras (López et al., 2010; Weintraub et al., 2017; Rendon et al., 2021). Esses fatores podem afetar a sobrevivência, desenvolvimento, crescimento, reprodução, dispersão e comportamento dos insetos. Os principais elementos climáticos que podem afetar as populações de pragas são a temperatura do ar, precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos (Costa-Lima et al., 2010; Chang et al., 2020; Dhanda et al., 2020).

Apesar da importância de *L. huidobrensis* como praga do tomateiro e dos estudos de dinâmica espaço-temporal das pragas, até o momento não existem pesquisas sobre este assunto com este inseto nesta cultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a dinâmica espaço-temporal de *L. huidobrensis* em lavouras tomate usando geoestatística.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Condições experimentais

Este trabalho foi realizado em oito lavouras comerciais de tomate conduzidas em Coimbra, Minas Gerais. Esta região tem clima tropical quente e úmido, com verão chuvoso e inverno seco, isto é do tipo Cwa na classificação de Köppen (Peel et al., 2007), o que propicia o cultivo de tomate durante todos os meses do ano. As características das áreas onde foram conduzidos os campos de cultivo são apresentadas na Figura 1. A variedade utilizada em todos os campos a 'Aguamiel F1' (Vilmorin do Brasil®, Campinas, SP) é destinada a produção de tomate tipo salada.

Os campos foram implantados com mudas com cerca trinta dias após germinação, em espaçamento de 1,0 x 0,5m e tutoramento tipo cerca (Filgueira, 2000; Marim et al., 2005). A irrigação foi realizada por gotejamento e a adubação feita de acordo com a análise do solo (Silva & Vale, 2007). O controle fitossanitário foi realizado com pulverização de pesticidas de acordo com a percepção do produtor de potenciais perdas econômicas. A adoção de pulverização regular de pesticidas (com base em calendário) (ou seja, sem adotar os princípios de manejo integrado de pragas), incluindo produtos de amplo espectro o que é uma prática comum na produção convencional de tomate (Picanço et al., 2007).

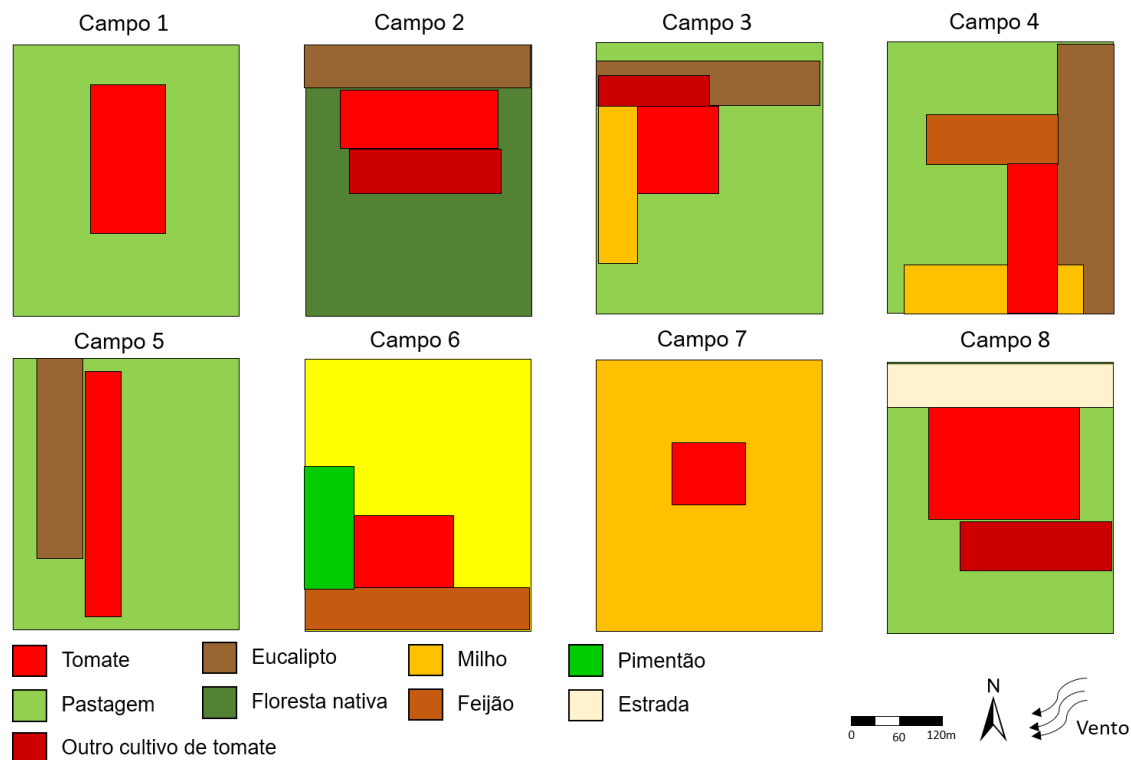
### 2.2. Coleta de dados

Em cada um dos oito campos de tomate foram avaliados a densidade de *L. huidobrensis*, os elementos climáticos e o estágio fenológico das plantas de tomate. Além disso, no perímetro de cada campo de tomate foi medida a distância (m) ocupada por cada tipo de vegetação na circunvizinhança dos campos (Figura 1).

A densidade de *L. huidobrensis* foi avaliada na folha mais basal do terço mediano do dossel. Nesta folha foi contado o número de minas ativas (minas com larvas vivas) desse inseto. Esta amostra e técnica foram utilizadas devido a Lopes et al., (2019a) terem determinado que elas são as melhores para avaliação da densidade desta praga em campos de tomate. Em cada cultivo a densidade do inseto foi avaliada quando as plantas de tomate estavam no estágio vegetativo (plantas com cerca de 16 dias de após o transplante, isso foi feito devido a manipulação de plantas mais novas

poder causar danos a elas), início (plantas com cerca de 35 dias de idade), meio (plantas com cerca de 56 dias de idade) e final (plantas com cerca de 80 dias de idade) do estágio reprodutivo.

Figura 1 – Representação da vegetação circunvizinha, localização e características dos oito campos comerciais de cultivo de tomate.

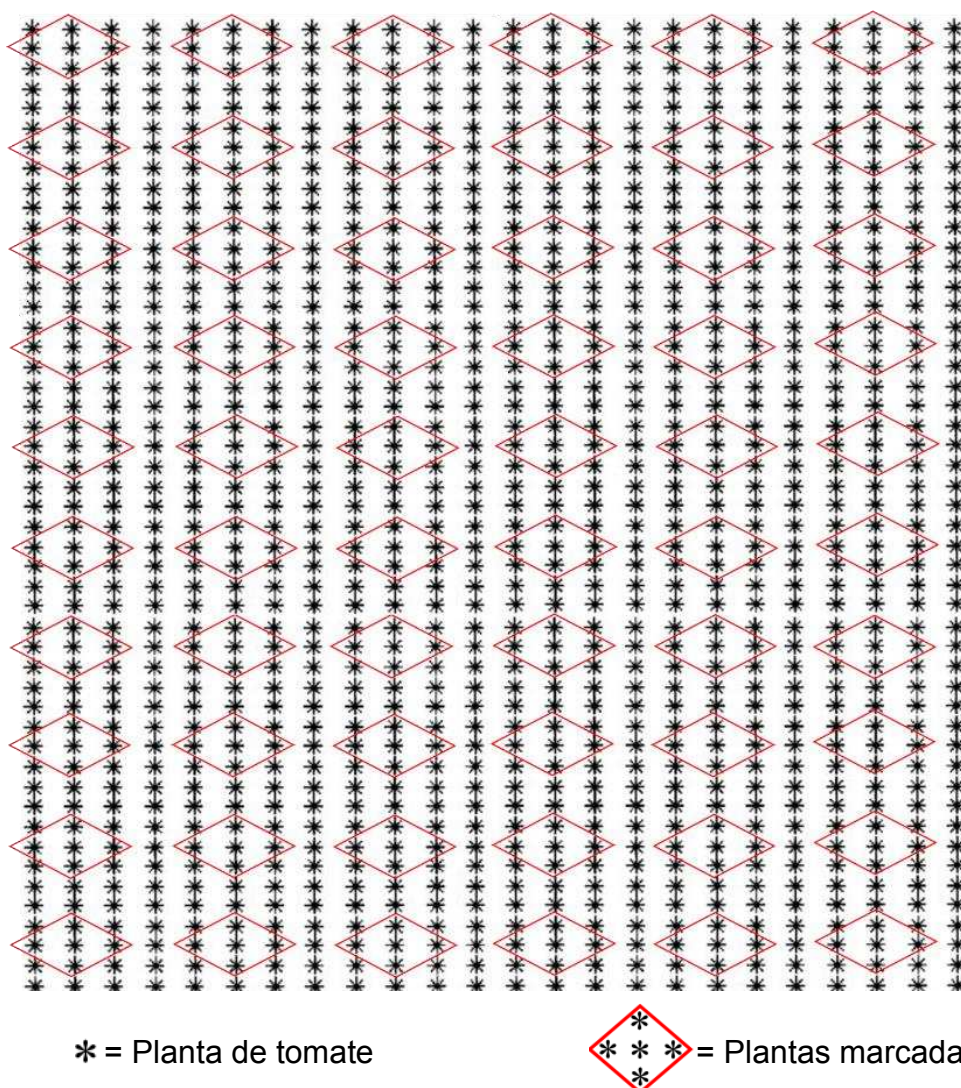


Campos	Época de cultivo	Latitude	Longitude	Altitude	Área (ha)
1	04/03 a 24/06/2015	20°50'24,47"S	42°45'53,30O	732 m	1,96
2	01/07 a 27/10/2015	20°51'2,26"S	42°45'6,680O	765 m	1,61
3	03/12/2015 a 24/02/2016	20°50'21,98"S	42°47'50,37O	726 m	1,26
4	02/03 a 22/06/2016	20°50'10,75"S	42°45'51,93O	723 m	1,31
5	25/06 a 21/10/2016	20°50'51"S	42°50'56O	775 m	1,32
6	05/08 a 07/11/2016	20°51'32,74"S	42°53'12,23O	737 m	1,21
7	24/10/2016 a 12/01/2017	20°50'21,98"S	42°45'6,68O	823 m	0,80
8	10/01 a 13/03/2017	20°49'39,37"S	42°45'56,2O	713 m	2,96

Em cada cultivo foram georreferenciados 300 plantas como pontos usando o GPS (Garmin Etrex modelo Vista HCx) para obtenção de coordenadas geográficas da

Universal Transversa Mercator (UTM) (Figura 2). Essas plantas estavam distribuídas por toda área de cada campo de cultivo de forma a cobrir todo a área de cultivo e evitar tendencias direcionais (Rosado et al., 2015). Assim, um total de 2400 plantas foram avaliadas nesta pesquisa nos oito campos de cultivo de tomate. Isso foi feito para possibilitar que as estimativas feitas nas análises de interpolação dos dados tivessem baixos erros associados (Clark, 2010; Ribeiro et al., 2021).

Figura 2 – Representação do posicionamento das 300 plantas usadas nos campos de cultivo de tomate para avaliação das densidades de *Liriomyza huidobrensis*.



Dados diários dos elementos climáticos de temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), precipitação pluviométrica diária ( $\text{mm. dia}^{-1}$ ), umidade relativa do ar média (%) e velocidade média dos ventos ( $\text{m. s}^{-1}$ ) registrados por uma estação automatizada localizada a 12 km do local de estudo, foram recuperados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022). Valores médios dos elementos climáticos foram

calculados com dados dos 16 dias anteriores a cada data de avaliação no campo. Este período foi usado devido a duração média do ciclo de vida de *L. huidobrensis* ser 16 dias (Weintraub et al., 2017).

Foi medido o comprimento no perímetro de cada campo ocupado por cada tipo de vegetação na circunvizinhança dos campos de tomate (Figura 1). Posteriormente, foram calculadas as percentagens da circunvizinhança dos campos de tomate ocupadas por plantas hospedeiras da praga (feijão, pimentão e tomate) (Migiro et al., 2011; Musundire et al., 2011; Roditakis, 1994) usando a fórmula (1):

(1)  $PC_i = (100 \times PH_i) \div PT_j$ , onde:  $PC_i$  = percentagem da circunvizinhança do cultivo  $i$  ( $i = 1$  a  $8$ ) ocupada por plantas hospedeiras da praga,  $PH_i$  = perímetro (m) do cultivo  $i$  ocupado por plantas hospedeiras da praga na circunvizinhança, e  $PT_j$  = perímetro total (m) do cultivo  $i$ .

## 2.3. Análises dos dados

### 2.3.1. Variação da densidade de *L. huidobrensis* e dos elementos climáticos nas lavouras

Para cada um dos oito campos de tomate, foram calculadas médias das densidades de *L. huidobrensis* e dos dados dos elementos climáticos durante cada estágio fenológico das plantas de tomate. Nas análises desta parte do trabalho foi utilizado o *software* SAS/STAT® (SAS Institute, 2013). As densidades de *L. huidobrensis* em função do estágio fenológico das plantas foram submetidas a análise de variância ( $\alpha = 0,05$ ). Posteriormente, as densidades médias do inseto foram comparadas usando o teste Scott-Knott a  $P < 0,05$  (Scott & Knott, 1974; Garcia Furuya et al., 2021).

Foram confeccionados histogramas da densidade do inseto (média  $\pm$  erro padrão) nos estágios fenológicos das plantas de tomate em cada uma das lavouras. Nestes histogramas as densidades médias da praga foram comparadas com o nível de dano econômico (3,24 minas ativas. folha<sup>-1</sup>) determinado por Lopes et al. (2019b) Também foram confeccionadas curvas de variação dos dados dos elementos climáticos durante os estágios fenológicos das plantas de tomate em cada uma das lavouras.

### 2.3.2. Distribuição espacial de *L. huidobrensis* nas lavouras

As análises de distribuição espacial do inseto nos campos de tomate foram realizadas usando o *software* GS+ Geostatistics for the Environmental Sciences versão 7.0 (Robertson, 1998)

Usando os dados das densidades do inseto nos campos de tomate em cada estágio das plantas foram estimados semivariogramas para descrever a dependência espacial das densidades em cada situação (Soares et al., 2020). A seleção do melhor modelo foi feita por validação cruzada. Foi selecionado o modelo que apresentou os menores valores de intercepto ( $\beta_0$ ), soma de quadrado do resíduo (RSS), maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e inclinação das curvas ( $\beta_1$ ) (Rosado et al., 2015; Pereira et al., 2020). Nas situações onde há dependência espacial das densidades do inseto o modelo de geoestatística apresenta efeito pepita + patamar. Já nas situações onde não há dependência espacial das densidades do inseto o modelo de geoestatística só apresenta efeito pepita (Soares et al., 2020).

Foi confeccionado histograma das percentagens de situações em os modelos de geoestatística apresentaram ou não dependência espacial em função da densidade do inseto. Isso foi feito para se estudar o padrão de distribuição espacial (ao acaso, agregada ou regular) do inseto (Isaaks & Srivastava, 1989; Hughes, 1996) em função de sua densidade. Nesse histograma as densidades de *L. huidobrensis* foram agrupadas em quatro categorias: baixa (até 50% do nível de dano econômico), média (51 a 99% do nível de dano econômico), alta (100 a 200% do nível de dano econômico) e muito alta (>200% do nível de dano econômico). Estas categorias das densidades foram estabelecidas baseadas nos limites de tomada de decisão de controle de *L. huidobrensis* em lavouras de tomate no plano de amostragem sequencial determinado por Lopes et al., (2019b).

Os dados do alcance (m) dos modelos em função da densidade de *L. huidobrensis* (minas ativas. folha<sup>-1</sup>) foram submetidos a análise de regressão linear simples a  $P < 0,05$  usando o *software* SAS/STAT® (SAS Institute, 2013). Isto foi feito para estudar o efeito da densidade desta praga sobre o tamanho de seus focos (áreas nos campos com maiores densidades).

Foi realizada interpolação para estimar as densidades de *L. huidobrensis* para os locais dos campos de tomate onde não foi realizada a avaliação desta característica. Para as situações em que o modelo de geoestatística apresentou

dependência espacial a interpolação foi realizada pelo método de krigagem (Ramos et al., 2019; Ribeiro et al., 2021). Já para as situações em que o modelo de geoestatística não apresentou dependência espacial a interpolação foi realizada usando o método do inverso da distância (Ramos et al., 2019; Soares et al., 2020). Posteriormente, foram confeccionados mapas de distribuição espacial do inseto nos campos de tomate para cada estágio das plantas. Na confecção dos mapas foi usado o *software* GS+ versão 7.0 (Robertson, 1998).

### 2.3.3. Determinação dos fatores que regularam as populações do inseto

Os dados das densidades de *L. huidobrensis* em função dos elementos climáticos e da percentagem da circunvizinhança dos campos de tomate ocupada por plantas hospedeiras da praga (utilizando a Formula (1) detalhada na sessão 2.2), foram submetidos a análise de regressão linear múltipla  $P < 0,05$  (Soares et al., 2020).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Variação da densidade do inseto e dos elementos climáticos nas lavouras

A densidade de *L. huidobrensis* nos oito campos avaliados variou de 0,07 a 27,84 minas por folha. Nos campos 1, 4, 5, 6 e 7 ocorreram as maiores densidade de *L. huidobrensis*. Nesses campos quando as plantas estavam no início e meio do estágio reprodutivo a densidade da praga foi maior que o nível de dano econômico (3,24 minas. folha<sup>-1</sup>). Verificou-se que o estágio fenológico das plantas afetou a densidade de *L. huidobrensis* ( $F_{3;7} = 4,64$  e  $P = 0,0122$ ). As maiores densidades da praga foram observadas quando às plantas estavam no início do estágio reprodutivo (Figura 3A).

Durante os estágios fenológicos das plantas nos campos de tomate a temperatura média do ar variou de 17,22 a 23,76 °C e a precipitação pluviométrica variou de 0,00 a 18,07 mm por dia (Figura 3B). Já a velocidade média dos ventos variou de 0,62 a 1,37 m. s<sup>-1</sup> e a umidade relativa média do ar variou de 65,25 a 88,02% (Figura 3C).

#### 3.2. Distribuição espacial do inseto nas lavouras

Os 32 modelos de geoestatística selecionados para descrever a distribuição espacial das populações de *L. huidobrensis* nos campos de tomate foram aqueles que apresentaram os menores valores de intercepto ( $\beta_0$ ) e de soma de quadrado do resíduo (RSS), e os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de inclinação das curvas dos modelos ( $\beta_1$ ). Desses modelos selecionados, 23 não apresentaram dependência espacial (tendo apenas efeito pepita) e os outros nove modelos apresentaram dependência espacial (tendo efeito pepita + patamar). Dos modelos que apresentaram dependência espacial cinco foram exponenciais, três foram esféricos e um foi linear. O alcance dos modelos com dependência espacial variou de 6,90 a 102,95m (Tabela 1).

A dependência espacial dos modelos de geoestatística variou em função da densidade da praga. Quando as densidades da praga foram baixas ( $\leq 50\%$  do NDE), intermediárias (51 a 99% do NDE), altas (100 a 200% do NDE) e muito altas (acima

de 200% do NDE) em 18%, 30%, 57% e 0% das situações esses modelos apresentaram dependência espacial, respectivamente (Figura 4A).

Figura 3 – (A) Densidade (média  $\pm$  erro padrão) de *Liriomyza huidobrensis* nos estágios fenológicos das plantas de tomate em oito campos de cultivo, (B) temperatura média do ar, precipitação pluviométrica, (C) velocidade média dos ventos e umidade relativa do ar média Coimbra-MG (2016-2017).

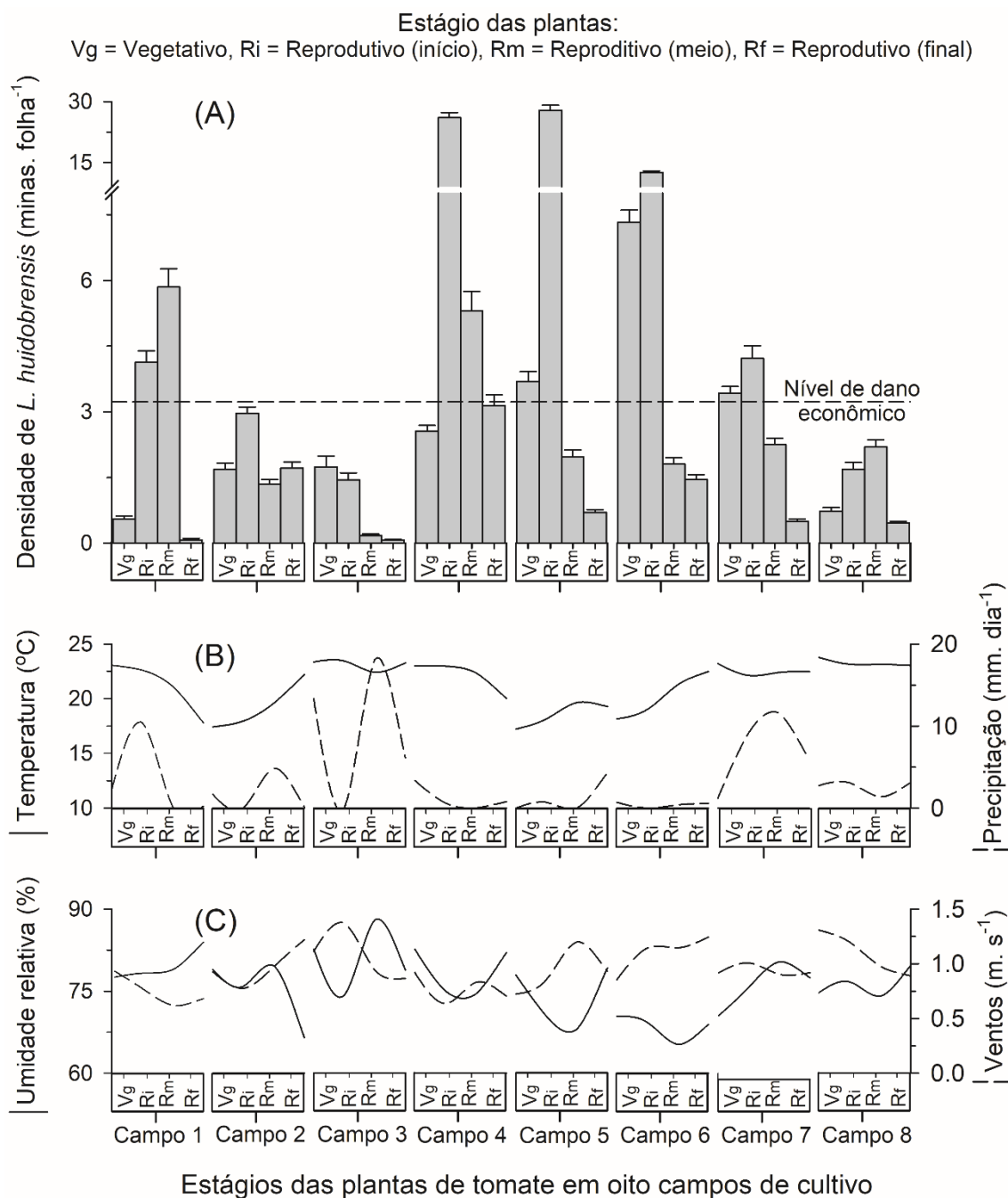


Tabela 1 – Características dos modelos de distribuição espacial do ataque de *Liriomyza huidobrensis* nos estágios fenológicos das plantas em campos de cultivos comerciais de tomate cultivados durante dois anos.

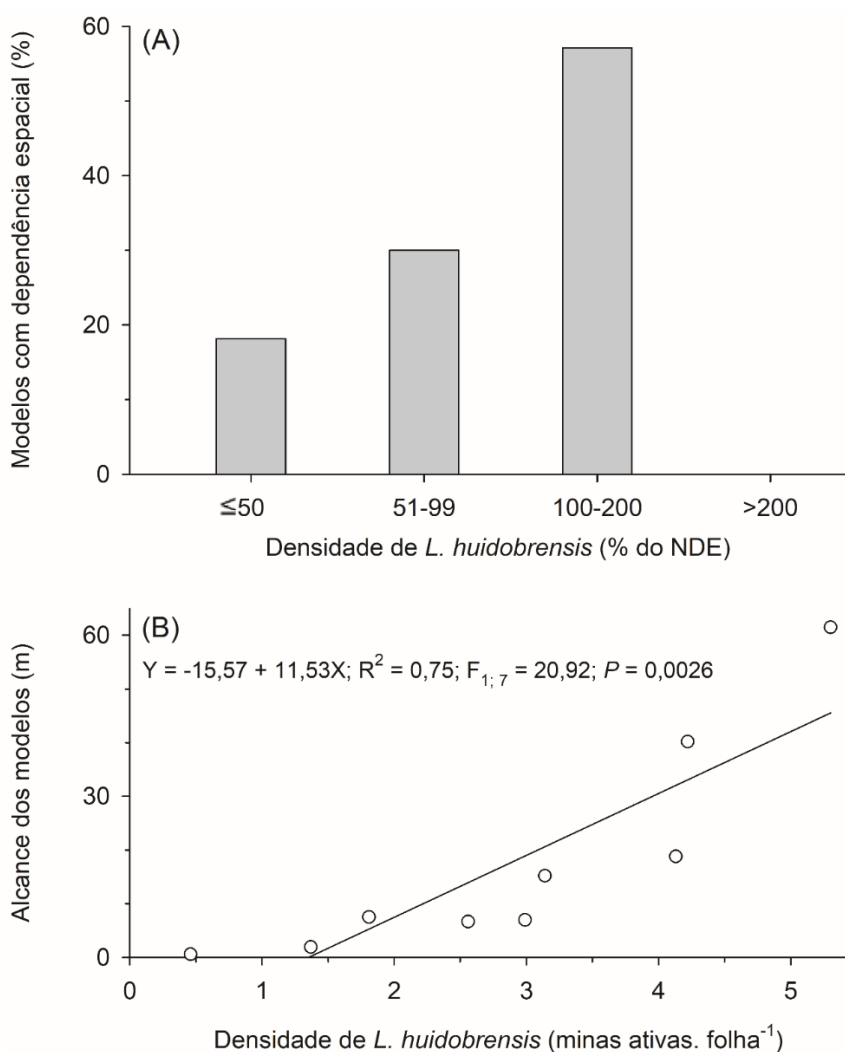
Cultivos	Estágio das plantas	Características do modelo selecionado*									
		Modelo	Método de interpolação	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> +C	A <sub>0</sub>	GDE	RSS	R <sup>2</sup>	β <sub>1</sub>	β <sub>0</sub>
1	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,013	0,371	0,21
	Reprodutivo (início)	Esférico	Krigagem	9,40	18,8	36,00	0,50	67,6	0,06	0,51	1,90
	Reprodutivo (meio)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,026	0,524	2,71
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,018	0,453	0,04
2	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,16	0,84	0,23
	Reprodutivo (início)	Exponencial	Krigagem	2,94	6,97	30,30	0,58	1,35	0,38	0,95	0,13
	Reprodutivo (meio)	Exponencial	Krigagem	0,25	1,93	6,90	0,87	0,06	0,12	0,54	0,58
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,02	0,46	0,95
3	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,03	0,60	0,73
	Reprodutivo (início)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,00	0,19	1,19
	Reprodutivo (meio)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,02	0,36	0,11
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,01	0,39	0,04
4	Vegetativo	Exponencial	Krigagem	3,34	6,68	9,93	0,50	9,06	0,06	0,50	1,26
	Reprodutivo (início)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,08	0,92	1,84
	Reprodutivo (meio)	Exponencial	Krigagem	30,73	61,5	62,70	0,50	486,0	0,03	0,15	4,24
	Reprodutivo (final)	Exponencial	Krigagem	2,50	15,2	9,60	0,84	3,50	0,12	0,09	1,13
5	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,01	0,33	2,51
	Reprodutivo (início)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,18	0,97	1,19
	Reprodutivo (meio)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,01	0,55	0,91
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,02	0,50	0,35
6	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,077	0,78	1,7
	Reprodutivo (início)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,093	0,78	2,78
	Reprodutivo (meio)	Esférico	Krigagem	3,76	7,52	55,40	0,50	14,90	0,01	0,28	1,30
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,009	0,30	1,03
7	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,009	0,36	2,21
	Reprodutivo (início)	Linear	Krigagem	17,06	40,2	102,95	0,58	37,40	0,11	0,76	1,00
	Reprodutivo (meio)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,01	0,47	1,20
	Reprodutivo (final)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,05	0,79	0,10
8	Vegetativo	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,16	0,93	0,07
	Reprodutivo (início)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,02	0,42	0,98
	Reprodutivo (meio)	Pepita puro	IDW	-	-	-	-	-	0,05	0,68	0,70
	Reprodutivo (final)	Esférico	Krigagem	0,29	0,59	41,40	0,50	0,17	0,04	0,45	0,25

\* IDW = Método do Inverso da distância, C<sub>0</sub> = Efeito pepita, C<sub>0</sub>+C = patamar, A<sub>0</sub> = Alcance (m), GDE = Grau de dependência espacial (C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub>+C)), RSS = soma de quadrado dos resíduos, R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação da validação cruzada, β<sub>0</sub> = intercepto da curva e β<sub>1</sub> = inclinação da curva.

\*\* Significativo a 0,001%.

Verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) da densidade da praga sobre o alcance dos modelos. A relação foi descrita por um modelo linear simples com coeficiente angular positivo e teve coeficiente de determinação  $R^2 = 0,75$  (Figura 4B).

Figura 4 – (A) Percentagem de modelos com dependência espacial em função da densidade de *Liriomyza huidobrensis* (nível de dano econômico (NDE) = 3,24 minas ativas. folha<sup>-1</sup>) e (B) alcance dos modelos em função da densidade do inseto (minas ativas. folha<sup>-1</sup>) nos campos de tomate. Cada círculo na Figura 4B representa um campo de tomate.

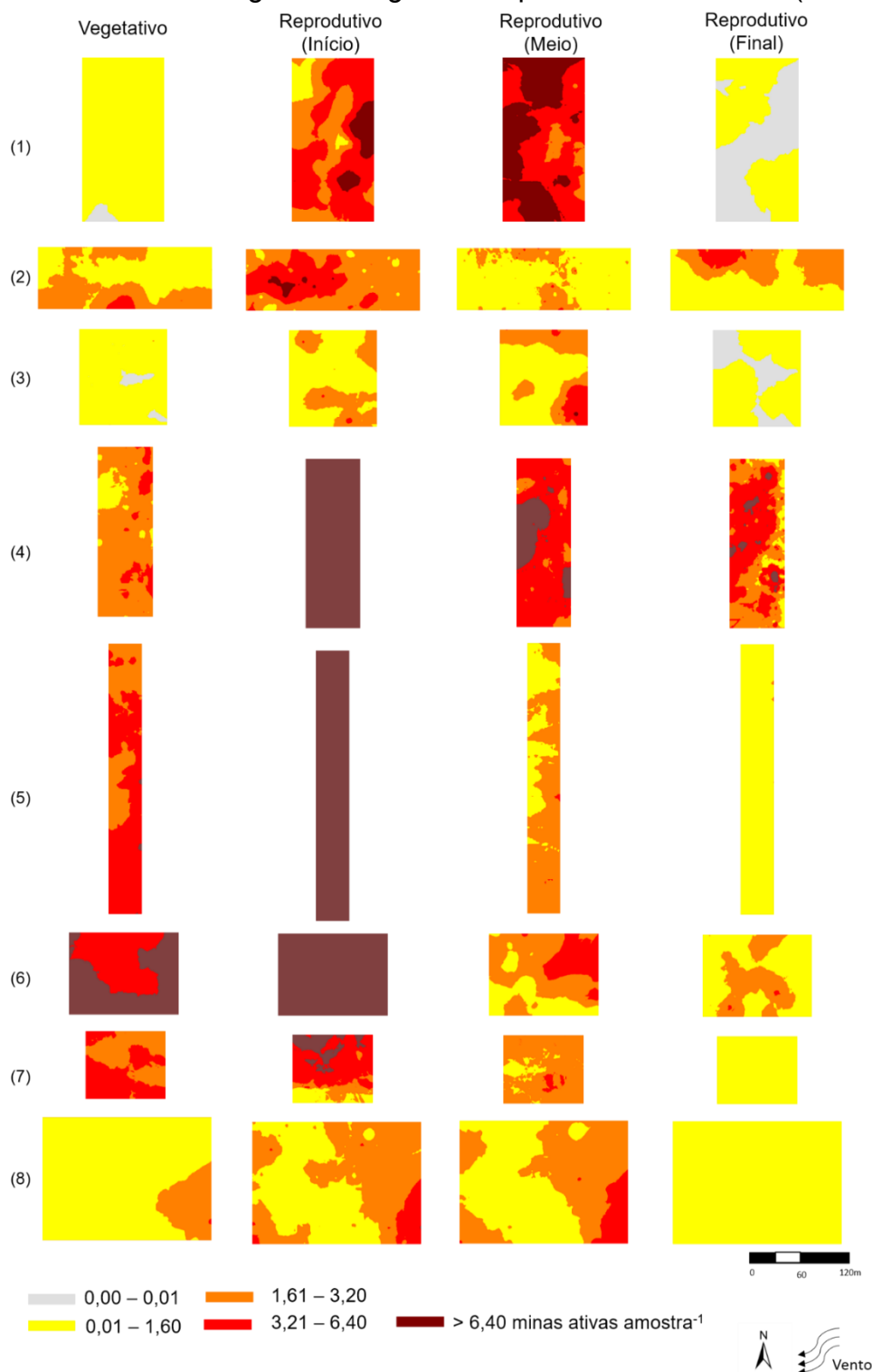


### 3.3. Fatores que regularam as populações do inseto

Verificou-se que o modelo de regressão linear múltipla das densidades de *L. huidobrensis* em função do percentual do perímetro na circunvizinhança do cultivo tem vegetação hospedeira e dos elementos climáticos foi significativo ( $R^2 = 0,36$ ;  $F_{5;26} = 2,86$  e  $P = 0,0345$ ). Neste modelo, observaram-se efeitos negativos e significativos ( $P$

< 0,05) da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos sobre a densidade de *L. huidobrensis* ao tomateiro. Por outro lado, não foram observados efeitos significativos ( $P > 0,05$ ) da temperatura média do ar, precipitação pluviométrica diária e vegetação na circunvizinhança dos campos sobre a densidade de *L. huidobrensis* (Tabela 2).

Figura 5 – Mapas de distribuição espacial de *Liriomyza huidobrensis* em oito campos de tomate durante os estágios fenológicos das plantas Coimbra-MG (2016 -2017).



#### 4. DISCUSSÃO

A O fato das densidades médias de *L. huidobrensis* quando as plantas estavam no início e meio do estágio reprodutivo nos campos 1, 4, 5, 6 e 7 terem sido maiores que o nível de dano econômico (3,24 minas ativas. folha<sup>-1</sup>) (Lopes et al., 2019), indica que nestas situações esta praga causou perdas econômicas. As larvas de *L. huidobrensis* causam danos por consumir o mesofilo foliar reduzindo o rendimento das lavouras de tomate em até 15%. Portanto, é importante o monitoramento contínuo de *L. huidobrensis* nos campos de tomate para evitar que as populações desta praga sejam maiores que o nível de dano econômico e assim causem prejuízos (Lopes et al., 2019b; Kirichenko et al., 2019).

As maiores densidades de *L. huidobrensis* ocorreram quando as plantas estavam no início do estágio reprodutivo devido ao processo de colonização das lavouras por este inseto e a qualidade nutricional das folhas (López et al., 2010; Weintraub et al., 2017). A colonização dos campos de cultivo pelos insetos ocorre geralmente pela imigração dos adultos (Vanderzant, 1966; López et al., 2010; Kirichenko et al., 2019). Assim, o ataque das larvas de *L. huidobrensis* às plantas de tomate desde o estágio vegetativo até o fim do cultivo ocorreu devido à imigração das fêmeas de *L. huidobrensis*. Além disso, no início do estágio reprodutivo as folhas das plantas possuem alto conteúdo nutricional como maior teor de nitrogênio e menor razão carbono: nitrogênio (Stiling et al., 1999). Além disso, no início do estágio reprodutivo das plantas de tomate são menores as densidades de tricomas e a concentração de hidrocarbonetos com 9, 10 e 29 carbonos que são indicadores da suscetibilidade de plantas a insetos minadores (Elisa et al., 2012). Assim, esses fatores podem ter favorecido *L. huidobrensis*, como favorece a outros insetos minadores como *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Pyung et al., 2007; Galdino et al., 2011) e *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Elisa et al., 2012).

A observação de menores densidades de *L. huidobrensis* em períodos de ocorrência de ventos de maior velocidade deve estar relacionada a este elemento climático afetar a dispersão dos insetos (Wikteliuss, 1981; Mesquita et al., 2018) e das substâncias voláteis emitidas pelas plantas e que são usadas por eles na localização de seus hospedeiros (Zhao & Kang, 2002; Ge et al., 2019). A capacidade de dispersão dos insetos, está relacionada às suas asas o que pode proporcionar a eles alta capacidade de voo (Wikteliuss, 1981; Mesquita et al., 2018;). Segundo Fenoglio et al.

(2019) quando as plantas de tomate estavam no início e meio do estágio reprodutivo a distância média de voo de *L. huidobrensis* pode chegar a 46,71m. Os ventos transportam sinais olfativos (os semioquímicos), que servem de atraentes para que os insetos herbívoros localizem suas plantas hospedeiras ou seus parceiros sexuais (Zhao & Kang, 2003). Segundo Zhao & Kang (2002) os adultos das moscas do gênero *Liriomyza* se movem na direção oposta à dos ventos em resposta aos odores emitidos por suas plantas hospedeiras. Assim, possivelmente, em períodos de ocorrência de ventos de maior velocidade este elemento climático afetou negativamente o voo de *L. huidobrensis* nos campos de tomate.

A verificação de maiores densidades de *L. huidobrensis* em períodos de menor umidade relativa se deve, aos altos teores de umidade desfavorecerem este inseto. Altas umidades relativas do ar diminuem a longevidade, período de oviposição e fecundidade das fêmeas (Costa-Lima et al., 2010) e aumenta a mortalidade por entomopatógenos (Shah & Pell, 2003) de *Liriomyza*. Além disso, Ravipati et al. (2020), afirmam que altas umidades relativas do ar (entre 83 a 91%), reduzem a abundância de *Liriomyza*.

A não detecção de efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das plantas existentes na circunvizinhança dos campos de tomate sobre a densidade de *L. huidobrensis* ocorreu, devido à alta capacidade de voo deste inseto (distância média de 46,71m) (Fenoglio et al., 2019), por ela ser uma espécie polífaga (Musundire et al., 2011) e a existência de plantas hospedeiras ao redor de todos os campos de tomate.

No início da colonização dos campos de tomate (densidades  $\leq 50\%$  do NDE) as populações de *L. huidobrensis* tenderam a apresentar distribuição espacial aleatória. Na distribuição aleatória ou ao acaso a espécie de inseto apresenta um comportamento não seletivo de ocupação do espaço. À medida que a densidade deste inseto aumentou (51 a 200% do NDE) suas populações tenderam a apresentar distribuição espacial agregada. Na distribuição espacial agregada as densidades dos insetos apresentam dependência espacial. Nesta situação os indivíduos ficam agregados nas áreas que possuem condições favoráveis a eles. Já nas situações em que suas populações atingiram densidades muito altas ( $> 200\%$  do NDE) elas apresentaram distribuição espacial uniforme nos campos de tomate. Nessa situação os indivíduos ocupam o espaço de maneira uniforme e suas densidades não apresentam dependência espacial (Taylor, 1984; Isaaks & Srivastava, 1989; Galdino et al., 2017; Martins et al., 2018).

As pragas geralmente iniciam a colonização dos campos por suas bordaduras (Rosado et al., 2015; Pereira et al., 2020). Entretanto neste estudo, esse padrão não foi o único observado. Foi verificado que a colonização de *L. huidobrensis* iniciou tanto pelas bordaduras como por partes internas dos campos de tomate. O fato de *L. huidobrensis* ser uma espécie polífaga e ter plantas hospedeiras na circunvizinhança contribuiu para que a colonização dos campos de tomate iniciasse por suas bordaduras. Já a alta capacidade de voo de *L. huidobrensis* (Fenoglio et al., 2019) deve ter contribuído para que em alguns campos a colonização iniciasse pelas partes internas destas áreas.

O fato dos focos (locais com maiores densidades) de *L. huidobrensis* ocuparem maiores áreas com o aumento de sua densidade tem consequências para os programas de manejo integrado desta praga. Neste contexto, os agricultores devem realizar monitoramento frequente (semanalmente) das populações de *L. huidobrensis* desde o início do cultivo em toda a área dos campos de tomate. Nas amostragens o caminhar na área do cultivo para avaliação das plantas deve ser realizado de forma a cobrir toda a lavoura de tomate, já que a distribuição espacial de *L. huidobrensis* depende de sua densidade. Isso, evita que as populações aumentem por possibilitar a localização dos focos da praga quando eles ainda são de pequeno tamanho e assim se adote decisões de controle antes que este inseto cause danos econômicos (Lopes et al., 2019b).

## 5. CONCLUSÕES

Os riscos de *L. huidobrensis* atingir altas populações é maior em períodos de menor a umidade relativa do ar, de ventos de menor velocidade e quando as plantas de tomate estão no início do estágio reprodutivo. A colonização de *L. huidobrensis* inicia tanto pelas bordaduras como pelas partes internas dos campos de tomate. Na colonização dos campos as populações de *L. huidobrensis* apresentam geralmente distribuição espacial aleatória. À medida que a densidade do inseto aumenta as populações geralmente apresentam distribuição espacial agregada. Já quando as populações atingem densidades muito altas as populações apresentam distribuição espacial uniforme. Nos campos de tomate os focos da praga ocuparem maiores áreas com o aumento de sua densidade.

## REFERÊNCIAS

- Chang, Y. W., Zhang, X. X., Lu, M. X., Gong, W. R., Du, Y. Z. (2020). Transcriptome analysis of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in response to temperature stress. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part D: Genomics and Proteomics*, 34.
- Clark, I. (2010). *Statistics of geostatistics? Sampling error or nugget effect?*
- Costa-Lima, T. C., Geremias, L. D., Parra, J. R. P. (2010). Reproductive activity and survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at different temperatures and relative humidity levels. *Environmental Entomology*, 39(1), 195–201.
- Dhanda, S., Singh Yadav, S., Yadav, S., Kumari, S. (2020). The population dynamics of insect-pest infesting tomato and there relation with different abiotic factor. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(6), 1158–1161.
- Elisa, M., Fernandes, S., Fernandes, F. L., Silva, D. J. H., Picanço, M. C., Jhamc, G. N., Carneiro, P. C., Queiroz, R. B. (2012). Trichomes and hydrocarbons associated with the tomato plant antixenosis to the leafminer. In *An Acad Bras Cienc*, 84(1).
- FAO, 2020. (2020, January 10). *FAOSTAT: agriculture data*. [Http://www.Fao.Org/Faostat/En/#data/QC](http://www.Fao.Org/Faostat/En/#data/QC).
- Fenoglio, S. M., Videla, M., Salvo, A., Morales, J.M., Fenoglio, M. S., Videla, M., Salvo, A., Morales, J. M. (2019). Dispersal of the pea leaf miner *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae): a field experiment, 51( 2).
- Filgueira, F. A. R. (2000). *Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças* (2nd ed.). Editora UFV.
- Galdino, T., Picanço, M. C., Fidelis, E. G. D. M., Silva, N. R., da Silva, G. A. R., Lopes, M. C. (2011). *Bioassay method for toxicity studies of insecticide formulations to Tuta absoluta (MEYRICK, 1917)*, 35(5).
- Galdino, T. V. D. S., Ferreira, D. D. O., Santana Júnior, P. A., Arcanjo, L. D. P., Queiroz, E. A., Sarmiento, R. A., Picanço, M. C. (2017). The Role of the Beetle *Hypocryphalus mangiferae* (Coleoptera: Curculionidae) in the Spatiotemporal Dynamics of Mango Wilt. *Journal of Economic Entomology*, 110(3).
- Garcia Furuya, D. E., Ma, L., Fanta Pinheiro, M. M., Georges Gomes, F. D., Gonçalves, W. N., Junior, J. M., de Castro Rodrigues, D., Blassioli-Moraes, M. C., Furtado Michereff, M. F., Borges, M., Alaumann, R. A., Ferreira, E. J., Osco, L. P., Marques Ramos, A. P., Li, J., de Castro Jorge, L. A. (2021). Prediction of insect-herbivory-damage and insect-type attack in maize plants using hyperspectral data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 105.
- Ge, J., Li, N., Yang, J., Wei, J., Kang, L. (2019). Female adult puncture-induced plant volatiles promote mating success of the pea leafminer via enhancing vibrational signals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 374(1767).

Gil, R., Bojacá, C. R., Schrevels, E. (2019). Understanding the heterogeneity of smallholder production systems in the Andean tropics – The case of Colombian tomato growers. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, 1–9.

Hughes, G. (1996). Incorporating spatial pattern of harmful organisms into crop loss models. *Crop Protection*, 15(5), 407–421.

Hughes, G., Mckinlay, R. G. (1988). Spatial heterogeneity in yield-pest relationships for crop loss assessment. In *Ecological Modelling*. 41(1).

INMET. *BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. [Http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/](http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/). Acesso em 05/01/2022.

Isaaks, E. H., Srivastava, R. M. (1989). *An introduction to applied geostatistics*. Oxford University Press.

Jones, J. B. (Jeffrey B., Zitter, T. A. (Thomas A., Momol, M. T., Miller, S. A., American Phytopathological Society. (2016). *Compendium of tomato diseases and pests* (Second Edition). The American Phytopathological Societ.

Kanevski, M., Wong, P. M., Canu, S. (2000). *Environmental Data Mapping with Support Vector Regression and Geostatistics*.

Kirichenko, N., Augustin, S., Kenis, M. (2019). Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact, and management. *Journal of Pest Science, Springer Verlag*, 92(1), 93–106.

Kumar, M., Tomar, M., Bhuyan, D. J., Punia, S., Grasso, S., Sá, A. G. A., Carciofi, B. A. M., Arrutia, F., Changan, S., Radha, Singh, S., Dhupal, S., Senapathy, M., Satankar, V., Anitha, T., Sharma, A., Pandiselvam, R., Amarowicz, R., Mekhemar, M. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed: A review on bioactives and biomedical activities. In *Biomedicine and Pharmacotherapy*. Elsevier Masson. 142(I).

Liebhold, A. M., Rossi, R. E., & Kemp, W. P. (1993). Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. *Annu. Rev. Entomol*, 38, 303–327.

Liu, W. H., X. H.Dai, J. S.Xu. (2015). Influences of leaf-mining insects on their host plants: A review. In *Collectanea Botanica*. Institut Botanic de Barcelona. 34.

Lopes, M. C., Farias, E. S., Costa, T. L., Arcanjo, L. P., Santos, A. A., Ribeiro, A. V., Santos, R. C., Picanço, M. C. (2019a). Economic injury level and sequential sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* management in tomato crops. *Crop Protection*, 124.

Lopes, M. C., Ribeiro, A. V., Costa, T. L., Arcanjo, L. D. P., Farias, E. S., Santos, A. A., Ramos, R. S., de Araújo, T. A., Picanço, M. C. (2019b). Practical Sampling Plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) in Tomato Crops. *Journal of Economic Entomology*, 112(4), 1946–1952.

López, R., Carmona, D., Vincini, M., Monterubbianesi, G., Caldiz, D. (2010). Population Dynamics and Damage Caused by the Leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on Seven Potato Processing Varieties Grown in Temperate Environment. *Neotropical Entomology*, 39(1), 108–114.

- Marim, Bruno. G., da Silva, D. J. H., Guimarães, M. de A., Belfort, G. (2005). Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. *Horticultura Brasileira*, 23(4), 951–955.
- Martins, J. C., Picanço, M. C., Silva, R. S., Gonring, A. H. R., Galdino, T. V. S., Guedes, R. N. C. (2018). Assessing the spatial distribution of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs in open-field tomato cultivation through geostatistical analysis. *Pest Management Science*, 74(1), 30–36.
- Mesquita, P. R. R., Magalhães-Junior, J. T., Cruz, M. A., Novais, H. O., Santos, J. R. J., Carvalho, S. L., Rodrigues, F. D. M., Barbosa, C. D. J., Bravo, I. S. J., Nascimento, A. S. (2018). Sources of Protein as Food Baits for *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae): Tests in a Wind Tunnel and the Field. Florida Entomological Society. 101(1), 20-24.
- Migiro, L. N., Maniania, N. K., Chabi-Olaye, A., Wanjoya, A., Vandenberg, J. (2011). Effect of infection by *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on the feeding and oviposition of the pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on different host plants. *Biological Control*, 56(2), 179–183.
- Musundire, R., Chabi-Olaye, A., Salifu, D., Krüger, K. (2011). Host Plant-Related Parasitism and Host Feeding Activities of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza sativae*, and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology*, 125(1), 161–168.
- Parrella, M. P. (1987). Biology of *Liriomyza* perspectives and overview. *Ann. Rev. Entomol*, 32, 201–225.
- Parrella, M. P., Jones, V. P., Youngman, R. R., Lebeck, L. M. (1985). Effect of leaf mining and leaf stippling of *Liriomyza* spp. On photosynthetic rates of *Chrysanthemum*. *Ann. Entomom. Soc. Am*, 78, 90–93.
- Pedro, A. M. K., Ferreira, M. M. C. (2007). Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 595(1), 221–227.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., McMahon, T. A. (2007). Hydrology and Earth System Sciences Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. In *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11(1).
- Pereira, P. S., Sarmiento, R. A., Lima, C. H. O., Pinto, C. B., Silva, G. A., dos Santos, G. R., Picanço, M. C. (2020). Geostatistical assessment of frankliniella schultzei (Thysanoptera: Thripidae) spatial distribution in commercial watermelon crops. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 489–495.
- Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Miranda, M. M. M., Martins, J. C. (2007). Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(4), 327–335.
- Pyung, O. L., Hyo, J. K., Hong, G. N. (2007). Leaf senescence. In *Annual Review of Plant Biology*. 58(1), 115–136.

- Ramos, Y. J., Costa, T. L., Santos, A. A., da Silva, R. S., Galdino, T. V. da S., Picanço, M. C. (2019). Geostatistical analysis as essential information for efficient decision making in *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) control in apple orchards. *Crop Protection*, 120, 50–57.
- Ravipati, N. S. N., Shukla, A., Sahu, B. (2020). Influence of weather parameters on the incidence of serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) on Tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 2260–2265.
- Reardon, T., Barrett, C. B., Berdegue, J. A., Swinnen, J. F. M. (2009). Agrifood Industry Transformation and Small Farmers in Developing Countries. *World Development*, 37(11), 1717–1727.
- Rendon, D., Boyer, G., Strohm, C., Castagnoli, S., DuPont, S. T. (2021). Love thy neighbors? Beneficial and pest arthropod populations in a pear and cherry orchard landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 313.
- Ribeiro, A. v., Ramos, R. S., de Araújo, T. A., Soares, J. R. S., Paes, J. da S., de Araújo, V. C. R., Bastos, C. S., Koch, R. L., Picanço, M. C. (2021). Spatial distribution and colonization pattern of *Bemisia tabaci* in tropical tomato crops. *Pest Management Science*, 77(4), 2087–2096.
- Robertson, G. P. (1998). *GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences* (Gamma Design Software).
- Roditakis, N. E. (1994). *First Record of the South American Leafminer Liriomyza huidobrensis (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) in Greece*. 81–83.
- Rosado, J. F., Picanço, M. C., Sarmiento, R. A., Pereira, R. M., Pedro-Neto, M., Galdino, T. V. S., de Sousa Saraiva, A., Erasmo, E. A. L. (2015). Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. *Bulletin of Entomological Research*, 105(4), 381–389.
- SAS Institute. (2013). *SAS/STAT®*.
- Sciarretta, A., Trematerra, P. (2014). Geostatistical Tools for the Study of Insect Spatial Distribution: Practical Implications in the Integrated Management of Orchard and Vineyard Pests. In *Plant Protect. Sci.* 50(2).
- Scott, A.; Knott, M. (1974). Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, Washington D.C., 30(3), 507-512.
- Shah, P. A., Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. In *Applied Microbiology and Biotechnology*. Springer Verlag. 61(5–6), 413–423.
- Silva, D. J., Vale, F. X. R. (2007). *Tomate –Tecnologia de produção*. Suprema.
- Soares, J. R. S., da Silva Paes, J., de Araújo, V. C. R., de Araújo, T. A., Ramos, R. S., Picanço, M. C., Zanuncio, J. C. (2020). Spatiotemporal Dynamics and Natural Mortality Factors of *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in Bell Pepper Crops. *Neotropical Entomology*, 49(3), 445–455.

Stiling, P., Rossi, A. M., Hungate, B., Dijkstra, P., Hinkle, C. R., Knott lii, W. M., Drake, A. B. (1999). Decreased leaf-miner abundance in elevated co<sub>2</sub>: reduced leaf quality and increased parasitoid attack. In *Ecological Applications*, 9(1).

Taylor, L. R. (1984). *Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations*.

Vanderzant, E. S. (1966). Defined Diets for Phytophagous Insects. In C. N. Smith (Ed.), *Insect Colonization and Mass Production*. Academic Press, 273–303.

Weintraub, P. G., Scheffer, S. J., Visser, D., Valladares, G., Correa, A. S., Shepard, B. M., Rauf, A., Murphy, S. T., Mujica, N., MacVean, C., Kroschel, J., Kishinevsky, M., Joshi, R. C., Johansen, N. S., Hallett, R. H., Civelek, H. S., Chen, B., Metzler, H. B. (2017). The invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding its pest status and management globally. In *Journal of Insect Science*. Library of the University of Arizona, 17(1).

Wikteliuss, S. (1981). Wind dispersal of insects. *Grana*, 20(3), 205–207.

Zehnder, G. W., Trumble, J. T. (1984). Host Selection of *Liriomyza* Species (Diptera: Agromyzidae) and Associated Parasites in Adjacent Plantings of Tomato and Celery. *Environ. Entomol.*, 13, 492–496.

Zhao, Y. X., Kang, L. (2002). Role of plant volatiles in host plant location of the leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Physiological Entomology*, 27, 103–111.

Zhao, Y. X., & Kang, L. (2003). Olfactory responses of the leafminer *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae) to the odours of host and non-host plants. In *J. Appl. Ent.*, 127(1), 80–84.