



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA**

**ANÁLISE ESPACIAL DA DISPERSÃO DE *Ceratitis capitata* EM  
ARMADILHA MCPHAIL EM POMAR DE MANGA CV. PALMER**

**INGRID THALIA PRADO DE CASTRO**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA  
BAHIA – BRASIL  
2022

**INGRID THALIA PRADO DE CASTRO**

**ANÁLISE ESPACIAL DA DISPERSÃO DE *Ceratitís capitata* EM  
ARMADILHA MCPAHIL EM POMAR DE MANGA CV. PALMER**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Odair Lacerda Lemos

VITÓRIA DA CONQUISTA – BA  
BAHIA - BRASIL  
2022

C355a

Castro, Ingrid Thalia Prado de.

Análise espacial da dispersão de *Ceratitis capitata* em armadilha mcpahil em pomar de manga cv. palmer. / Ingrid Thalia Prado de Castro, 2022.

60f.

Orientador (a): Dr. Odair Lacerda Lemos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 52 – 60.

1. Geotecnologias 2. *Mangifera indica* L. 3. Moscamed - Monitoramento. I. Lemos, Odair Lacerda. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

**Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração Em Fitotecnia**

*Campus de Vitória da Conquista-BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** ANÁLISE ESPACIAL DA DISPERSÃO DE *Ceratitits capitata* EM ARMADILHA MACPHAIL EM POMAR DE MANGA CULTIVAR PALMER.

**Autor(a):** Ingrid Thalia Prado de Castro

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



---

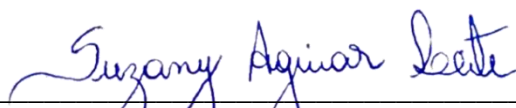
Odair Lacerda Lemos, D.Sc., UESB

Presidente



---

José Rafael de Souza, D.Sc., UNIFAAHF



---

Suzany Aguiar Leite, D.Sc., PPD/UESB

Data da realização: 28 de janeiro de 2022.

*A Deus;*  
*Aos meus pais, Cleiva e Wendell (in memorian);*  
*Aos meus avós, Noélia, Daniel, Alzinete e João.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me abençoar e iluminar a minha mente nos momentos mais difíceis, dando-me força e coragem para seguir sempre em frente.

Aos meus amados pais, Cleiva e Wendell (*in memoriam*), por todo carinho, amor incondicional, sabedoria e incentivo, e por serem minha inspiração, motivação e referência em tudo.

Aos meus avós, Noélia, Daniel, Alzinete e João, que sempre foram exemplos de humildade e amor. Obrigada pelo apoio e confiança de sempre!

A Renan, meu namorado e companheiro, pelo amor, carinho, paciência e por sempre acreditar em mim e me apoiar nos momentos difíceis. Você foi essencial nessa trajetória, obrigada!

Aos meus familiares, tios e primos, que sempre me deram apoio, carinho e o incentivo necessário nos tempos difíceis.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo carinho e experiências pessoais incríveis, em especial, à Gabriela Leite, Geovana Brito, Thaís Santana e Matheus Dias, que sempre me ouviam e me aconselhavam da melhor forma.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade oferecida e pelo apoio com o transporte ao campo.

Ao Professor Dr. Odair Lacerda Lemos, por toda atenção, amizade, disponibilidade, orientação, paciência e empenho dispensados a mim.

À equipe da Fazenda Caiçara, pela disponibilidade da área para implantação do experimento e pelo acolhimento de sempre.

Aos membros da banca examinadora, pela avaliação e sugestões para a melhoria dessa dissertação.

À professora D.Sc. Maria Aparecida Castellani, coordenadora do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Fitotecnia), pelo apoio dispensado a mim durante a escrita da dissertação.

A todos os demais professores do curso de pós-graduação que muito contribuíram com seus valiosos ensinamentos.

À D.Sc. Suzany Aguiar Leite, pela colaboração na identificação das moscas-das-frutas.

Aos amigos que compõem o grupo de pesquisa do Laboratório de Geotecnologias, pela parceria, em especial, à Crislaine, meu braço direito, que me auxiliou em campo. Obrigada pela troca de experiências e convívio gratificante.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho. Meu sonho está se concretizando e eu não conseguiria sem a ajuda de vocês. Muito obrigada por tudo!

“Jesus, porém, respondendo, disse-lhes: Em verdade vos digo que, se tiverdes fé e não duvidardes, não só fareis o que foi feito à figueira, mas até se a este monte disserdes:  
Ergue-te, e precipita-te no mar, assim será feito;  
E, tudo o que pedirdes em oração, crendo, o recebereis.”

Mateus 21:21,22

## RESUMO

CASTRO, I. T. P. de. Análise espacial da dispersão de *Ceratitis capitata* em armadilha McPhail em pomar de manga cv. Palmer. 2022, 60p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de concentração: Fitotecnia)\*.

*Ceratitis capitata* é a principal espécie do complexo de moscas-das-frutas que ataca os frutos de manga, de importância econômica e quarentenária no Brasil. O monitoramento é uma das principais formas de se ter o conhecimento do nível populacional da praga que auxilia os programas de Manejo Integrado de Pragas visando à redução de custos de produção. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi analisar padrões de dispersão espacial de *C. capitata* utilizando dois tipos de armadilhas atrativas a fim de indicar um modelo preditivo de dispersão da praga com o intuito de determinar as zonas de manejo para tomada de decisão. O experimento foi conduzido em um pomar de manga cv. Palmer no município de Belo Campo, Bahia. A amostragem foi realizada por meio de armadilhas do tipo McPhail e do tipo Jackson. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva para caracterização da flutuação populacional. O padrão de dispersão espacial de *C. capitata* foi determinado por meio de três métodos distintos: o Índice de Dispersão de Perry e Mead, o Índice de Morisita e o Índice de Moran Local (LISA). A variabilidade espacial da abundância de *C. capitata* foi obtida por meio da análise geoestatística e, para a elaboração dos mapas de localização e distribuição espacial, utilizou-se o método de krigagem indicadora. Nas análises dos dados, obtidos no período de 7 aos 42 dias após o início da colheita (DAIC), foi constatada que a flutuação populacional de *C. capitata* iniciou-se aos 7 DAIC, com baixos índices e com maior índice aos 28 DAIC e redução aos 35 DAIC com declínio de 38,62%. Constatou-se uma correlação positiva entre os dados de temperatura e abundância de *C. capitata* ( $r=0,93$  e  $p =0,008$ ). O padrão de dispersão espacial, pelos índices: dispersão de Perry e Mead; e Morisita, apresentou padrão agregado de dispersão, entretanto, quando analisado pelo índice de Moran Local, constatou-se que, dos 7 DAIC aos 35 DAIC, foi observado um padrão do tipo aleatório e do tipo agregado aos 42 DAIC. O IDE mostrou-se forte aos 7 DAIC e aos 35 DAIC; e moderada aos 14, 28 e 42 DAIC. Os padrões de dispersão de *C. capitata* permitem produzir um modelo preditivo exponencial, traçando estratégias para zonas de manejo de *C. capitata* e detectando quais os locais de maior risco de ocorrência da praga.

**Palavras-chave:** geotecnologias; *Mangifera indica* L.; monitoramento; moscamed

---

\***Orientador:** Prof. Dr. Odair Lacerda Lemos, UESB



## ABSTRACT

CASTRO, I. T. P. de. Spatial analysis of fruit fly dispersion in different attractive traps McPhail in mango cultivation (*Mangifera indica* L.). 2020, 60p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of concentration: Crop Science)\*.

*Ceratitis capitata* is the main species of the fruit fly complex that attacks mango fruits, of economic and quarantine importance in Brazil. Monitoring is one of the main ways of knowing the population level of the pest, helping Integrated Pest Management programs to reduce production costs. The objective of this work was to analyze patterns of spatial dispersion of *C. capitata* using two types of attractive traps in order to indicate a predictive model of pest dispersion in order to determine the management zones for decision making. The experiment was carried out in a mango orchard cv. Palmer in the municipality of Belo Campo-Bahia. Sampling was performed using McPhail and Jackson-type traps. Data were submitted to descriptive statistical analysis to characterize population fluctuation. The spatial dispersion pattern of *C. capitata* was determined using three different methods: the Perry and Mead Dispersion Index, the Morisita Index and the Local Moran Index (LISA). The spatial variability of the abundance of *C. capitata* was obtained through geostatistical analysis and for the elaboration of maps of location and spatial distribution, the indicator kriging method was used. In the analysis of the data obtained in the period from 7 to 42 days after the beginning of the harvest (DAIC), it was found that the population fluctuation of *C. capitata* started at 7 DAIC with low rates and with a higher rate at 28 DAIC and reduced at 35 DAIC with a decline of 38.62%. A positive correlation was found between temperature data and *C. capitata* abundance ( $r=0.93$  and  $p=0.008$ ). The spatial dispersion pattern by the indices: Perry and Mead dispersion; and Morisita showed an aggregate pattern of dispersion, however, when analyzed by the Moran Local index, it was found that from 7 DAIC to 35 DAIC, a random pattern was observed and an aggregate pattern was observed at 42 DAIC. The FDI was strong at 7 DAIC and 35 DAIC and moderate at 14, 28 and 42 DAIC. The dispersion patterns of *C. capitata* allow producing an exponential predictive model outlining strategies for exponential management zones, outlining strategies for *C. capitata* management zones, detecting which are the places with the highest risk of occurrence of the pest.

**Keywords:** geotechnologies; *Mangifera indica* L.; monitoring; moscamed

---

\*Advisor: Prof. Dr. Odair Lacerda Lemos, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Mapa de localização do município de Belo Campo-BA e malha amostral com distribuição dos 37 pontos georreferenciados em pomar de manga cv. Palmer, 2021 .....28
- Figura 2** – Armadilha do tipo McPhail (A e B) e armadilha do tipo Jackson (C e D) em campo, Belo Campo-BA, 2021 .....29
- Figura 3** – Flutuação populacional de *Ceratitis capitata*, médias semanais de temperatura, umidade e abundância em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021 .....34
- Figura 4** – Percentual de machos e fêmeas de *Ceratitis capitata* capturados em armadilha MacPhail em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021 .....36
- Figura 5** – Percentual de machos e fêmeas por avaliação em relação ao total de cada gênero, Belo Campo-BA, 2021 .....37
- Figura 6** – Percentual de machos e fêmeas de *Ceratitis capitata* capturados em armadilha MacPhail em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.....38
- Figura 7** – Correlação entre a abundância de *Ceratitis capitata*, umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.....39
- Figura 8** – Mapa de distribuição da abundância de *Ceratitis capitata* em pomar de manga cv. Palmer Belo Campo-BA, 2021 .....42
- Figura 9** – Padrão de agregação de *Ceratitis capitata* pelo Índice de Moran Local em pomar de manga cv. Palmer.....44
- Figura 10** – Mapas temáticos de probabilidade de ocorrência de moscas-das-frutas da espécie *Ceratitis capitata* em pomar de manga cv. Palmer, variando entre <0,25 até >0,75, Belo Campo-BA, 2021 .....49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Número de <i>Ceratitis capitata</i> coletadas em armadilhas do tipo McPhail em pomar de manga cv. Palmer, no período de julho/2021 a agosto/2021, Belo Campo-BA, 2021 .....	<b>35</b>
<b>Tabela 2</b> – Índices de distribuição espacial de <i>Ceratitis capitata</i> coletadas em armadilhas do tipo McPhail em pomar de manga cv Palmer, Belo Campo-BA, 2021 .....	<b>40</b>
<b>Tabela 3</b> – Valores máximos, médios, mínimos, coeficientes de variação, assimetria e curtose e teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para a abundância de <i>Ceratitis capitata</i> aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAIC, Belo Campo-BA, 2021.....	<b>45</b>
<b>Tabela 4</b> – Modelos teóricos de semivariância ajustados para 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias, após o início da colheita (DAIC), em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021 .....	<b>46</b>
<b>Tabela 5</b> – Área e percentual da área, de acordo com os níveis de probabilidade de ocorrência da <i>Ceratitis capitata</i> em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021 .....	<b>48</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DAIC	Dias após o início da colheita
IDE	Índice de dependência espacial
Al	Aleatório
Ag	Agregado
MIP	Manejo Integrado de Pragas
MAD	Mosca/Armadilha/Dia
ID	Índice de Dispersão de Perry e Mead
LISA	Índice de Moran local
IM	Índice de Morisita
Co	Efeito pepita
C	Patamar
C/C+Co	Índice de dependência espacial

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Origem, distribuição e características morfológicas das moscas-das-frutas.....	16
2.2 Importância das moscas-das-frutas para o cultivo da manga.....	17
2.3 Danos à cultura da manga .....	19
2.4 Monitoramento, distribuição espacial da praga e utilização de armadilhas na agricultura .....	20
2.5 Flutuação Populacional.....	22
2.6 Índices de Distribuição Espacial.....	23
2.6.1 Índice de Dispersão de Perry e Mead .....	23
2.6.2 Índice de Morisita .....	24
2.6.3 Índice de Moran .....	25
2.7 Variabilidade espacial e Geoestatística no MIP.....	26
2.7.1 Krigagem Indicadora .....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1 Caracterização da área de estudo .....	27
3.2 Malha amostral .....	28
3.3 Amostragem das moscas-das-frutas.....	29
3.4 Análise de dados .....	30
3.4.1 Flutuação Populacional das moscas-das-frutas.....	30
3.4.2 Índices de distribuição espacial .....	30
3.4.3 Variabilidade espacial e Geoestatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 Flutuação Populacional das moscas-das-frutas.....	32
4.2 Índices de distribuição espacial .....	39
4.3 Variabilidade espacial e Geoestatística.....	45
5 CONCLUSÕES .....	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	51
REFERÊNCIAS.....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma planta originária da Ásia, tipicamente tropical, que faz parte da família Anacardiaceae. A cultura da manga foi introduzida no Brasil em meados de 1700 e, atualmente, é uma das principais frutíferas cultivadas no país. Em setembro de 2021, o Brasil bateu recorde em exportação de manga, com um volume de 42,1 mil toneladas da fruta, aumento de 95,8% em relação a agosto e de 19% frente a setembro de 2020 (HF Brasil, 2021). Isso fez com que a manga se tornasse a fruta mais exportada no Brasil no referente ano, onde o país embarcou cerca de 272,5 mil toneladas da fruta, gerando um aumento de 12% em relação ao ano de 2020 (Monitor Mercantil, 2022). No ano de 2021, a cidade de Livramento de Nossa Senhora (BA) aumentou sua área de produção (12.750 ha) em relação ao ano anterior (12.122 ha) em virtude das melhores condições hídricas (HF Brasil, 2021).

Atualmente, no que se refere à produção de frutas e área cultivada, o Brasil é considerado um dos maiores do mundo. Por ser um país de clima tropical, dispõe de uma imensa variedade de frutas e, de acordo com a FAO (2021), ocupa o terceiro lugar entre os maiores produtores do mundo, ficando atrás somente da China e da Índia, respectivamente. Entretanto, a produção com foco no âmbito da exportação é muito reduzida em virtude da baixa qualidade das frutas decorrente do ataque de pragas.

Dentre as principais pragas que atacam as frutíferas, destacam-se as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), sendo consideradas responsáveis pelos entraves na exportação, principalmente as espécies *Ceratitis capitata* (Wiedmann, 1824), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) e *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830). As larvas desses insetos se desenvolvem dentro de frutos, alimentando-se da polpa. Há uma destruição dos frutos que amadurecem precocemente e, conseqüentemente, apodrecem, caindo das plantas, enquanto aquelas que foram atacadas, mas ainda permanecem na planta, ficam vulneráveis ao ataque de patógenos secundários que causam podridão generalizada, ocasionando grandes prejuízos à lavoura.

Quando se estuda a distribuição espacial desses insetos, obtêm-se informações para entender o real potencial biótico das espécies-praga e utilizá-las em conjunto com o Manejo Integrado de Pragas (MIP) na fruticultura brasileira. O MIP consiste em buscar manter as populações de praga em um nível considerado abaixo do dano econômico dentro da lavoura. É uma alternativa viável para o produtor que busca a integração de diversas metodologias, a fim de elaborar um controle de pragas que seja não só prático,

mas também eficiente, econômico, além de proteger tanto a saúde pública quanto a ambiental. Há diversas maneiras de empregar o MIP, pode-se destacar o uso de feromônios, a retirada e queima da parte da vegetação afetada, dentre outros meios.

O monitoramento populacional nada mais é que a coleta de dados acerca do número de indivíduos de uma espécie em uma determinada área, tendo como intuito indicar o momento preciso para realizar a intervenção. Desse modo, o monitoramento possibilita qualificar a população dos tefritídeos em relação ao aspecto qualitativo (espécies presentes) e quantitativo (número de indivíduos). Esse monitoramento pode ser realizado com o uso de armadilhas específicas, as quais possibilitam averiguar tanto a distribuição espacial quanto a flutuação populacional desses insetos e associar com os fatores abióticos, especialmente aqueles ligados ao clima, auxiliando no estabelecimento das épocas de maior ou menor probabilidade de infestação.

Através de estudos relacionados à distribuição espacial das pragas, pode-se entender não só as formas de dispersão da praga como também sua colonização em áreas de cultivo. Essas informações podem auxiliar em apontar a melhor época e os locais que tenham um maior ataque das pragas e, assim, poder planejar o controle dessas pragas de forma rápida e precisa.

Com o auxílio da geoestatística, é possível verificar o padrão de dispersão e dependência espacial da praga, com o uso de armadilhas georreferenciadas e, assim, conseguir informações necessárias para a melhor tomada de decisão. Em virtude da relevância, no âmbito econômico, que a fruticultura tem para o Brasil, bem como para a Bahia, por ser o segundo maior estado produtor nacional, é necessário que haja maiores esforços e investimentos em pesquisa, a fim de reduzir a dependência do uso de agrotóxicos e para que se introduza cada vez mais o Manejo Integrado de Pragas. Desse modo, haverá um melhor monitoramento da praga e, conseqüentemente, uma maior assertividade e eficiência no controle com um menor impacto ao ambiente, além de poder proporcionar ao produtor uma redução nos custos de produção.

As técnicas geoestatísticas têm sido utilizadas a fim de desenvolver zonas de manejo de pragas que sejam mais assertivas, as quais vêm se mostrando cada vez mais eficazes em programas de MIP, principalmente em locais mais abrangentes, onde as atividades são conduzidas em grandes áreas, levando em consideração a colonização e dispersão de pragas e avaliando a presença de fatores ambientais que podem afetar o sucesso de um programa de MIP.

Nessa perspectiva, objetivou-se com este trabalho analisar os padrões de dispersão

espacial de *C. capitata*, utilizando dois tipos de armadilhas atrativas, a fim de indicar um modelo preditivo de dispersão da praga, visando determinar as zonas de manejo para tomada de decisão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Origem, distribuição e características morfológicas de *Ceratitis capitata*

Na família Tephritidae, estão descritos cerca de 500 gêneros e, aproximadamente, 5.000 espécies no mundo, causando injúrias que podem causar prejuízos em mais de 400 espécies de frutos (Norrbom *et al.*, 2014). Dentre estes, está o gênero *Ceratitis* MacLeay (1829) que ocorre, em especial, no continente africano, especificamente na região tropical. Contudo, a mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata*, está distribuída em praticamente todas as áreas tropicais e temperadas do mundo e foi observada pela primeira vez no Brasil em 1901 (Ihering 1901). Hoje em dia está largamente distribuída pelo território brasileiro, gerando prejuízos significativos à fruticultura. No Nordeste, essa espécie foi registrada no início dos anos 90 e, atualmente, está disseminada em toda a região, em que tem conseguido adaptar-se a várias espécies vegetais (Araujo *et al.*, 2005).

A *C. capitata* possui um comportamento polífago, o que facilitou a conquista de hospedeiros nativos do semiárido, bem como a ação antrópica e o rápido desenvolvimento da praga. Esses hospedeiros têm se tornado uma ferramenta para a continuação das populações em situações em que possa ocorrer a ausência de hospedeiros primários (Zucchi, 2015).

O adulto de *C. capitata* mede por volta de 4-5 mm de comprimento, por 10 a 12 mm de envergadura, possui o corpo amarelado e sua parte superior é escura, com desenhos brancos, e as asas são de transparência rosada com listras amarelas, sombreadas. Seu ciclo inicia-se com o acasalamento, em seguida, as fêmeas se alimentam de substâncias proteicas e carboidratos até atingirem a maturidade dos ovos, o que ocorre com cerca de 11 dias. Após isso, procuram o fruto hospedeiro onde ovipositam de 1 a 10 ovos no mesmo orifício. Os ovos possuem um formato alongado, com 1 mm de comprimento, de cor branca (BioControle, 2021).

O período de incubação dura em torno de 2 a 6 dias, eclodindo a larva, a qual faz galerias rumo ao centro do fruto. Quando a larva atinge o desenvolvimento completo,



mede cerca de 8 mm de comprimento, de coloração branco-amarelada, afilada na parte anterior, truncada e arredondada na parte posterior. O período larval dura em torno de 9 a 13 dias. Depois desse período, ela abandona o fruto e empupa no solo com uma profundidade de 1 a 10 cm. A pupa é caracterizada por um formato de barril, com cerca de 5 mm, e tem a coloração marrom-escura.

O período pupal dura em média de 10 - 12 dias, no verão, podendo durar até 20 dias no inverno. Ao fim desse período, o adulto emerge e a postura pela fêmea acasalada inicia-se após 8 dias de emergência. O dimorfismo sexual entre o macho e a fêmea se dá pelos machos possuírem dois apêndices filiformes, terminados em forma de espátula na frente e entre os olhos; e as fêmeas possuírem um ovipositor na porção terminal do abdome. Assim, o ciclo evolutivo completo dura em torno de 31 dias (Gallo *et al.*, 2002).

Em pomares de manga situados na região Sudoeste da Bahia, nos polos de fruticultura do Rio Gavião e de Livramento de Nossa Senhora, foi comprovada a presença e predominância de *C. capitata* (Sá *et al.*, 2008; Leite *et al.*, 2017).

## **2.2 Importância de *Ceratitis capitata* para o cultivo da manga**

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás somente da China e da Índia, e em todo seu território são cultivados mais de 2,5 milhões de hectares, entretanto, o país é o 15º colocado no quesito exportação de frutas. A Bahia é o segundo maior produtor de frutas do país, com mais de 3,3 milhões de toneladas ao ano (Abrafrutas, 2019). A manga é uma das principais frutas produzidas no mundo e se caracteriza pela tropicalidade de sua cultura.

A mangicultura na região semiárida é destaque no cenário nacional, tanto pela expansão da área cultivada e do volume de produção, quanto pelos altos ganhos e qualidade da manga produzida (Silva e Correia, 2004). De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - FAO (2017), a produção mundial de manga no ano de 2017 foi de 50.649.147 toneladas, sendo que apenas o Brasil obteve uma produção com cerca de 1.547.606 toneladas, deixando o país na sétima posição dentre os maiores produtores do mundo. A produção de manga no país concentra-se especialmente no Nordeste, tendo os estados da Bahia e Pernambuco como destaques, já que ambos produziram, em 2017, cerca de 353.689 e 230.381 toneladas, respectivamente (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2018).

A fruticultura possui um papel social de grande relevância, pois, além de gerar

empregos diretos e indiretos, ainda melhora a qualidade de vida dos consumidores (Dantas *et al.*, 2009). O baixo volume de exportações dos frutos é decorrente do ataque de moscas-das-frutas, principalmente *C. capitata*, deixando-os com baixa qualidade e sanidade, e, conseqüentemente, inviabilizando-os para comercialização.

No Brasil, estima-se que o prejuízo anual causado pelas moscas-das-frutas é de cerca de R\$ 180 milhões, incluindo desde as perdas de produção, comercialização até o custo com o controle (Paranhos *et al.*, 2018). De acordo com Araújo (2002), as espécies de *Anastrepha* spp. e *C. capitata* são as responsáveis pela dificuldade no âmbito da exportação de frutas. Suas larvas se alimentam da polpa do fruto, causando seu apodrecimento. O continente americano possui várias espécies de *Anastrepha* spp. como nativas, em contrapartida, o gênero *Ceratitis*, que é de origem africana, possui apenas a espécie *C. capitata*, também chamada de mosca-do-mediterrâneo, no Brasil. Nos municípios de clima semiárido, localizados na região do Sudoeste da Bahia, encontram-se os polos produtores de fruteiras, principalmente de manga. Nascimento *et al.* (2000) destacam que o ataque da mosca-das-frutas na cultura da manga causa danos expressivos e, por esse motivo, é considerada uma das pragas primárias da frutífera.

A *C. capitata* é caracterizada por ser polífaga, cosmopolita e com elevado potencial para causar danos, além disso, ainda dispõe de uma gama de variedade de hospedeiros silvestres e cultivados (Zanardi *et al.*, 2011). Há registros de 115 espécies vegetais atacadas por *C. capitata* no Brasil (Zucchi e Moraes, 2021). Essa praga não só causa danos que afetam os custos de controle, mas também impede o produtor de realizar exportações de frutas para países onde já foram erradicadas, como Estados Unidos, Chile e Japão, em virtude da barreira fitossanitária, que impede a entrada de pragas quarentenárias (Nojosa *et al.*, 2015).

Diversas hipóteses podem ser levadas em consideração a fim de explicar os altos níveis populacionais de *C. capitata* na região Sudoeste da Bahia, dentre elas, pode-se citar a presença de hospedeiros alternativos, como frutos de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) e quiabento (*Pereskia bahiensis* Gürke) (Leite *et al.*, 2017), os quais atuam com hospedeiros secundários para a manutenção da espécie na entressafra; bem como pode ser ocasionado pela falta de uniformidade na colheita, ou seja, a continuidade de frutos de manga nas plantas depois da colheita principal (Sá, 2006).

### 2.3 Danos à cultura da manga

*Ceratitis capitata* pertencem à família Tephritidae, dentro da ordem Diptera. Essa família é caracterizada por estar entre as pragas que mais causam danos econômicos na fruticultura mundial, devido à severidade de seus ataques em diversas partes das plantas, tais como órgãos de reprodução, frutas com polpas e flores (Silva e Batista, 2015).

A fêmea e as larvas são responsáveis pelo dano direto das moscas-das-frutas, pois a fêmea perfura a epiderme do fruto com o seu ovipositor para colocar os ovos. Essa abertura feita na epiderme do fruto pode trazer contaminação por microrganismos que provocam o apodrecimento dos frutos. No caso das larvas, seus danos são provocados por meio do consumo da polpa dos frutos, tornando-os impróprios tanto para consumo *in natura* quanto para industrialização (Nascimento *et al.*, 2000). Sendo assim, pode-se dizer que o ataque nos frutos pelas moscas-das-frutas, além de causar o apodrecimento deixando-os impróprios para a comercialização, provoca ainda alteração no sabor das frutas e queda precoce das mesmas (Sá *et al.*, 2008).

A incidência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) é motivo de preocupação por parte dos fruticultores, em virtude dos severos danos causados por esta praga, acarretando no aumento dos custos de produção, devido ao alto número de aplicação de inseticidas na tentativa de controle do inseto-praga; perdas na produção; e também por conta das barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores (Moreira, 2004; Bittencourt *et al.*, 2006).

Em seus trabalhos, Aguiar e Nascimento (2011) realizaram análises acerca dos custos de produção de manga no polo de Fruticultura do Rio Brumado, no período de 2006 a 2008, que oscilou de R\$ 4.851,71 ha<sup>-1</sup> a R\$ 5.478,17/há<sup>-1</sup>/ano, sendo que, desse custo total, por volta de 8,0 % são utilizados pelo programa de monitoramento e controle de moscas-das-frutas no intuito de subir a qualidade dos frutos destinados à exportação.

Por meio da coleta de frutos e da captura das moscas-das-frutas, por meio de armadilhas, pode-se obter o conhecimento acerca da diversidade das espécies de moscas-das-frutas em determinada área. Em seguida, pode ser avaliado tanto o nível de infestação quanto a associação da espécie de moscas-das-frutas com a planta hospedeira (Nascimento *et al.*, 2000).

## 2.4 Monitoramento e distribuição espacial

Em virtude da grande relevância dos tefritídeos para a fruticultura, é preciso incentivar a adoção de práticas de manejo, mediante o monitoramento com armadilhas e atrativos alimentares. O monitoramento populacional de uma praga permite que haja um acompanhamento da sua flutuação populacional em determinada área, ou ainda identificar novas espécies e, assim, realizar uma caracterização dessa população, levando em conta aspectos qualitativos e quantitativos (Nascimento *et al.*, 2000). Assim, é imprescindível que se tenha conhecimento sobre a distribuição espacial dos insetos-praga para que haja um bom alicerce para estabelecer a melhor estratégia no manejo dessas populações.

Em campo, uma observação habitual não revela a real quantidade e distribuição da população da praga no plantio, em virtude disso, estudos que visam avaliar a distribuição da população da mosca-das-frutas, tendo como base a frequência numérica de adultos capturados em armadilhas, têm potencial para obter resultados que ajude a entender o real potencial biótico da praga (Park e Tollefson *et al.*, 2006). Sendo assim, os procedimentos eficazes de monitoramento de mosca-das-frutas são ferramentas que dão um suporte necessário dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP) aplicado na fruticultura.

Para que se tenha eficiência no monitoramento das espécies de praga, é necessário que as armadilhas que serão utilizadas sejam bem armadas e distribuídas de forma correta dentro do pomar. No monitoramento da mosca-das-frutas, são muito utilizadas armadilhas que contenham atrativo alimentar, geralmente à base de proteína hidrolisada, conhecida comercialmente como McPhail. Outro tipo de armadilha que pode ser utilizada é chamada de armadilha Jackson, composta de papelão parafinado na cor branca, tendo como isca um feromônio sexual trimedilure, com intuito de captura de insetos machos. O nível de controle para mosca-das-frutas é de 0,5 adulto/armadilha/dia (Nascimento *et al.*, 2000).

As inspeções nas armadilhas variam de acordo com seu tipo. Na armadilha McPhail, as inspeções são realizadas em intervalos semanais, haja vista que pode haver evaporação do atrativo alimentar e, conseqüentemente, uma diminuição do poder de atração. A retirada do conteúdo da armadilha é realizada esvaziando-o em um coletor, utilizando uma peneira fina, para que as moscas fiquem retidas nesta; em seguida, o material coletado deve ser removido; e realizada a triagem com a finalidade de separação

das moscas-das-frutas, as quais serão colocadas em recipientes contendo álcool a 70%, para posterior identificação das espécies. Já as realizações das inspeções na armadilha Jackson precisam ser efetuadas semanalmente, observando a duração do feromônio que, geralmente, é de 45 dias no campo (Moreira, 2004).

Por meio dos estudos de distribuição espacial das pragas, é possível entender os mecanismos de dispersão e colonização das áreas de cultivo (Rosado *et al.*, 2015), o que auxilia no momento de determinar as épocas e os locais que possuem um maior ataque das pragas e, dessa forma, organizar a amostragem e o controle desses organismos, da forma mais assertiva possível. Os conhecimentos acerca da distribuição espacial de pragas agrícolas são fundamentais, visto que ajudam a identificar os locais de seus ataques mais frequentes às culturas, além de permitirem entender e prever o movimento das pragas na plantação (Diaz *et al.*, 2012).

Os estudos acerca da dispersão de *C. capitata* em relação ao seu comportamento, tanto para a cópula quanto para a seleção hospedeira, são de grande relevância, principalmente quando associados à interação inseto-planta (Loaiza e Céspedes, 2007). No tocante ao comportamento das fêmeas para a cópula, estudos mostram que esta escolha se dá através de uma disputa entre os machos em uma espécie de “arena” onde estes utilizam sinais sonoros e químicos (liberação de feromônio através do movimento das asas) para atrair a fêmea, geralmente, essa disputa pode ocorrer nas folhagens ou ainda sobre os frutos (Sugayama & Malavasi, 2000). Alguns dos fatores que colaboram para que determinado macho seja escolhido são a idade e o tamanho deles, em geral, machos mais novos e maiores são aqueles que possuem uma maior probabilidade de serem escolhidos para a cópula (Silva-Neto *et al.*, 2012).

Logo, após a cópula, as fêmeas iniciam uma nova fase, considerada de extrema importância para a preservação da espécie, chamada de seleção hospedeira, que compreende a procura por um hospedeiro em que a sua prole consiga se desenvolver de forma adequada e, assim, tornarem-se adultos capazes de perpetuar a espécie (Sugayama & Malavasi, 2000). De acordo com Janz (2002), esse processo é definido por duas etapas: a busca pelo hospedeiro e a avaliação da qualidade dele. Durante essa avaliação, algumas características do fruto podem influenciar no momento da escolha pela fêmea, dentre elas estão: estágio de maturação dos frutos, estágio fenológico da planta, a produção de compostos voláteis, coloração e tamanho dos frutos, além do local onde a planta hospedeira se encontra (Szentesi *et al.*, 1979; Azevedo *et al.*, 2013).

Dessa forma, a seleção hospedeira pode ser um procedimento longo para a *C.*

*capitata*, já que pode haver uma alta rejeição dos frutos no momento da avaliação (Zucchi, 2000). A oviposição é a fase em que a fêmea introduz o ovipositor, realizando a postura, em seguida, ela deposita um feromônio de sinalização para que outras fêmeas percebam que o fruto já está infestado (Sugayama & Malavasi, 2000).

A geoestatística é uma ferramenta que pode auxiliar nos estudos de distribuição espacial de pragas, já que, além de incorporar a localização geográfica das amostras, permite medir o grau de dependência entre as amostras no espaço e, assim, inferir sobre os padrões de distribuição espacial de insetos-praga. Por fim, também permite a geração de mapas que possibilitam a visualização dessa distribuição (Rosado *et al.*, 2015; Veran *et al.*, 2015).

A distribuição espacial das pragas nas lavouras segue um padrão que pode ser dividido em agregado, aleatório ou uniforme. A distribuição agregada consiste na formação de grupos em que uma série de indivíduos são atraídos para o mesmo local; a distribuição aleatória ocorre ao acaso, quando a possibilidade de ocorrência de um indivíduo é autônoma e igual em qualquer local do espaço; a distribuição uniforme se caracteriza por ter indivíduos que se distribuem de forma mais homogênea e espaçados (Elliott, 1983; Krebs, 1989).

O monitoramento via coleta de frutos pode ser utilizado juntamente com as armadilhas. Essa amostragem de frutos permite analisar o grau de infestação dos frutos e reconhecer, com mais precisão, a associação de determinada espécie com o seu hospedeiro, ajudando na melhor tomada de decisão (Nascimento *et al.*, 2000).

## **2.5 Flutuação populacional**

A flutuação populacional de moscas-das-frutas apresenta uma grande variabilidade no decorrer do ano, estando diretamente relacionada com a continuidade de hospedeiros primários e secundários, a diversidade do ambiente e os fatores abióticos (Montes *et al.*, 2011). Em virtude disso, essa flutuação não obedece a um padrão pré-estabelecido, pois depende diretamente da disponibilidade de hospedeiros alternativos e das condições climáticas predominantes no pomar.

De forma espontânea, a maior população de moscas-das-frutas acontece quando há maior disponibilidade de hospedeiros. À medida que o agrupamento dessa praga ocorre, tem-se uma maior proporção de frutos maduros, tanto na planta quanto no solo (França, 2016). A dinâmica populacional estuda os efeitos que os fatores bióticos e

abióticos exercem sobre a praga, influenciando em sua densidade populacional. Pode-se inferir que, quanto maior a densidade populacional da mosca-das-frutas, maior é seu nível de infestação dentro do pomar (Malavasi e Morgante, 1981). A população de moscas-das-frutas dentro de um pomar comercial tende a ter flutuações de forma irregular em decorrência dos fatores climáticos e hospedeiros alternativos.

Sendo assim, faz-se necessário o monitoramento populacional da praga, com o auxílio do uso de armadilhas, para realizar-se análises da sua flutuação populacional e poder correlacioná-las com os fatores bióticos, gerando dados seguros sobre o estabelecimento de épocas que tendem a ter maior ou menor infestação, para que haja a intervenção na área, não só de forma correta, mas também no tempo certo, gerando economia para o produtor (Araujo *et al.*, 2008).

## **2.6 Índices de distribuição espacial**

A distribuição espacial é a maneira como os seres de uma determinada população se dispersam em seu habitat (Ricklefs, 2003). Trata-se de uma informação de suma importância, por uma série de razões, dentre elas, ter o conhecimento acerca da etiologia da espécie, escolher e otimizar os procedimentos de amostragem e, conseqüentemente, o tipo de manejo de pragas agrícolas.

Há algumas maneiras de dispersão dos insetos em seu habitat e estas podem ser bem diferentes, não só entre as espécies, mas também entre as populações da mesma espécie. Alguns fatores, como ambientais ou genéticos, podem influenciar diretamente na variação da forma de distribuição espacial. Através do uso de índices de dispersão, é possível fazer a determinação de padrões de arranjo da distribuição espacial (Young e Young, 1998). Esses padrões são divididos em: aleatório, disperso ou agregado.

### **2.6.1 Índice de dispersão de Perry e Mead**

Também chamado de razão variância/média, foi primeiramente utilizado por Clapham (1936 citado por Perry e Mead, 1979). A compreensão acerca do padrão de distribuição espacial das espécies de insetos-praga é fundamental para que haja a determinação de parâmetros de amostragem, análises estatísticas e tomada de decisão apropriados (Gyenge *et al.*, 1999). Segundo Taylor (1984), a distribuição espacial é um

atributo ecológico de cada espécie, o qual é evidenciado através da dinâmica populacional, como uma consequência de crescimento dos indivíduos, como, por exemplo, nascimento, migração e morte.

É necessário que se conheça a distribuição de frequência da densidade numérica dos indivíduos do inseto-praga, quando se deseja realizar estudos acerca da distribuição espacial desses insetos (Barbosa, 1992), empregando medidas de amostragem para estimar esses parâmetros por planta. A fim de retratar o padrão biológico de distribuição dos organismos, uma série de modelos matemáticos de distribuição de frequência e índices de dispersão vem sendo utilizados (Elliott, 1983).

O índice de dispersão fornece uma ideia da distribuição espacial da população em estudo bem próximo da realidade (Elliott *et al.*, 1990). Trata-se da relação entre a variância e a média, em que o afastamento da aleatoriedade pode ser avaliado por meio do teste qui-quadrado com  $N-1$  graus de liberdade. Segundo Rabinovich (1980), esse índice tem por finalidade medir o desvio de um arranjo dos requisitos de aleatoriedade.

Em seus estudos acerca da distribuição espacial de *Aphis gossypii* em algodão, Rodrigues *et al.* (2010) obtiveram como resultados sobre o índice de dispersão (razão variância/média), calculada para *A. gossypii*, valores maiores que a unidade em todas as avaliações realizadas na cultivar convencional, mostrando uma disposição agregada da praga.

Os resultados obtidos por Souza (2012), estudando a distribuição espacial de *Euschistus heros* em soja, indicam que a razão variância/média para ninfas do 1º ao 3º instar de *E. heros* apresentou valores estatisticamente maiores que um, ou seja, há uma disposição agregada das ninfas que se encontram do 1º ao 3º instar.

### 2.6.2 Índice de Morisita

O uso de índices de agregação é essencial, quando se deseja medir a dispersão espacial em estudos ecológicos ou em métodos de amostragem, entretanto, na maioria dos casos, não há um índice que consiga satisfazer todas as condições (Rabinovich, 1980). Em virtude disso, para que se escolha um índice mais apropriado, é necessário que se tenha um conhecimento geral acerca da disposição dos insetos e de sua variabilidade.

O Índice de Morisita possui a vantagem de ser parcialmente independente do tipo de distribuição e do número de unidades amostrais (Silveira Neto *et al.*, 1976). Esse índice foi proposto por Morisita (1959) e Morisita (1962) com o intuito de apresentar um índice



que fosse independente da média amostral e também do número total de indivíduos. Valores que se aproximam da unidade apontam um arranjo ao acaso, valores que são superiores à unidade indicam disposição agregada, e valores inferiores à unidade demonstram um arranjo regular ou uniforme (Nascimento, 1995).

Contudo, a limitação desse índice encontra-se no fato de que este é influenciado pela quantidade de amostras (N), dessa forma, é imprescindível que o número de unidades de amostras seja equivalente em todas as áreas que estejam sendo comparadas (Mesina, 1986). Rodrigues *et al.* (2010), aplicando o índice de Morisita em seus dados, obtiveram valores superiores à unidade, ou seja, tanto *Aphis gossypii* quanto *Bemisia tabaci* se agregam na cultura do algodão. Em seus estudos, Souza (2012), utilizando o índice de Morisita, obteve resultados que demonstraram que, em todas as épocas de amostragens, quando foram encontradas ninfas de 1º ao 3º instar, os valores foram significativamente superiores a 1, indicando agregação da praga.

### 2.6.3 Índice de Moran Local

Há diferentes formas de se medir a dependência espacial. O Índice de Moran Global é uma estatística de medida global que calcula a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média, indicando o grau de associação espacial existente em um determinado conjunto de dados (Cardoso, 2006). O Índice de Moran Local, proposto por Luc Anselin, é um método estatístico que investiga a autocorrelação local a fim de descobrir objetos espaciais com influência no indicador Moran Global.

Esses índices estatísticos atuam a partir da estimativa de segunda ordem do comportamento dos seus dados, ou seja, a partir dos diagnósticos das covariâncias entre as áreas distintas. Ao mesmo tempo em que o Índice de Moran Global indica o nível de interdependência espacial entre todos os polígonos do estudo, o Índice de Moran Local analisa a covariância entre um polígono estabelecido e uma determinada vizinhança, definida em função de uma distância  $d$  (Luzardo *et al.*, 2017).

Nas análises de agregação espacial, assumir uma estabilidade estrutural pode ser complexo, particularmente, quando se utiliza uma grande quantidade de observações. Sendo assim, é possível que se utilize o Índice de Moran Local como uma ferramenta que torne possível uma indicação acerca da extensão da significância de um *cluster* de valores iguais (Anselin, 1995). Utilizando Índice de Moran Global em seus trabalhos sobre a distribuição espaço-temporal de pragas em palmeiras, Santos (2020) concluiu que a

autocorrelação espacial de *Rhynchophorus palmarum* pode estar relacionada a populações do inseto, visto que, quando a população está menor, a praga fica mais agregada em uma área definida e, quando a população desta está alta, elas tendem a ficar mais dispersos na área, em virtude da alta quantidade de alimento ofertado. Quando o mesmo autor utilizou o Índice de Moran Local, os mapas demonstraram uma tendência de maior concentração de relação espacial em locais próximos da borda da área de estudo, enquanto o agrupamento de armadilhas com baixa incidência de *R. palmarum* estão naquelas regiões que apresentam uma baixa população do inseto, situadas no meio da área estudada.

## **2.7 Variabilidade espacial e Geoestatística no MIP**

Nos conceitos atuais sobre Manejo Integrado de Pragas (MIP), a variabilidade espacial dentro das populações de pragas tende a ter cada vez mais relevância. Entretanto, a incorporação do componente espacial nos planos de manejo ainda é isolada na prática. Nesse contexto, a geoestatística representa um valioso conjunto de ferramentas, a fim de investigar o padrão espacial de pragas e apoiar a facilitação de aplicações práticas de controle de pragas (Park *et al.*, 2007). A variabilidade espacial é provocada pela interação entre a dinâmica populacional juntamente com fatores bióticos ou abióticos. Dentre os processos que influenciam a heterogeneidade espacial, estão o crescimento populacional (reprodução, mortalidade) e a dispersão (imigração, colonização, emigração) (Fleischer *et al.*, 1997).

É de suma importância a compreensão acerca das combinações de métodos de controle existentes com modelos apropriados de amostragem, pois, assim, obtêm-se maior efetividade do processo (Pazini *et al.*, 2012). Assim, o conhecimento a respeito do comportamento espacial de insetos-praga é fundamental para estabelecer processos eficazes de amostragem (Fernandes *et al.*, 2003). É possível determinar a distância a partir da qual as amostras representativas da sua população passam a ser independentes através da compreensão da dependência espacial de um organismo, isto é, em que situação a variação média entre duas observações passa a não ser mais em função da distância entre si, passando a ser considerados independentes, sem correlações espaciais (Andriotti, 2003). A Geoestatística é uma ferramenta muito importante dentro do MIP, já que leva em consideração tanto o valor da observação quanto a sua localização, na estimativa da correlação entre os pontos de amostragem (Barrigossi *et al.*, 2002).

### 2.7.1 Krigagem Indicadora

A Krigagem Indicadora trata-se de uma krigagem que utiliza a posição e os valores dos dados para elaborar uma distribuição local ao invés de uma distribuição global. Tem como vantagem o fato de não sofrer efeitos de *outliers*, ou seja, valores divergentes; e ainda ser uma técnica não paramétrica. Dessa forma, é possível realizar a estimativa da função de distribuição para tais variáveis, possibilitando a indicação de incertezas e a inferência de valores do atributo em locais que não foram amostrados. Esse procedimento também permite a modelagem de dados com grande variabilidade espacial (Rocha e Yamamoto, 2003). Além disso, baseia-se na transformação binária dos dados, codificados em 0 ou 1, caso estejam acima ou abaixo do valor de corte determinado, de acordo com a variável em estudo. O produto dessa transformação é um novo conjunto de dados o qual é submetido às análises geoestatísticas, a fim de se obter o semivariograma indicador para estimar os valores em outros locais não amostrados, através da krigagem. Esses números representam a probabilidade de que os valores que foram estimados estão acima ou abaixo do valor de corte estipulado no estudo (Motomiya *et al.*, 2006).

Segundo Landim e Sturaro (2002), a variância de krigagem, sendo condicionadas apenas pelo arranjo geométrico dos pontos e, portanto, independentes dos valores das amostras, não são medidas de acurácia da estimativa local. Para satisfazer essa necessidade, uma das soluções apontadas é a krigagem indicadora. O enfoque está, neste caso, em não estimar um determinado valor, como na krigagem ordinária, mas sim em definir áreas com maior ou menor probabilidade de que um determinado evento ocorra.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

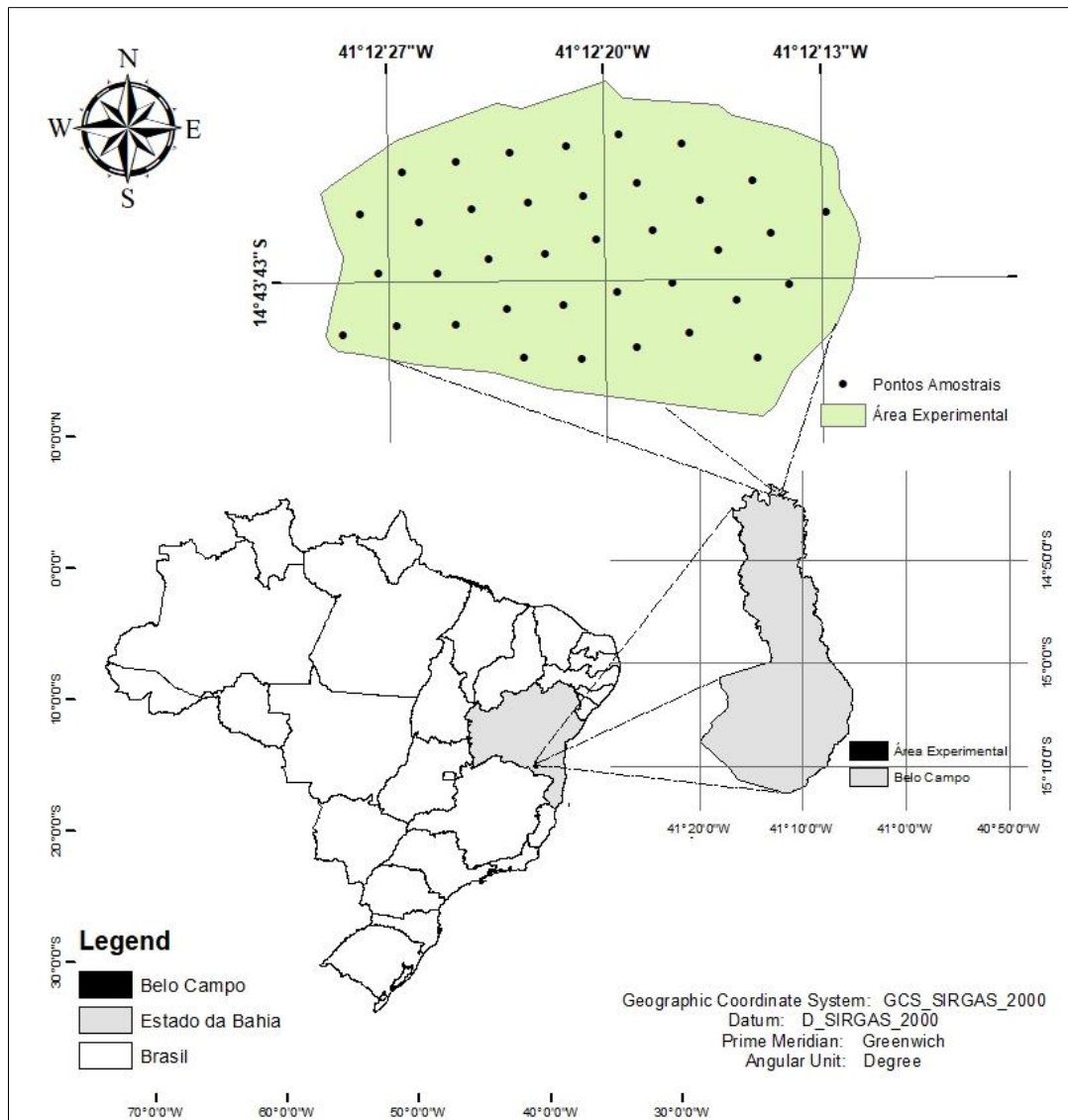
### 3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em pomar comercial de manga (*Mangifera indica* L.) cv. Palmer de 12 hectares, em seu primeiro ano de colheita, situado na cidade de Belo Campo, Bahia, localizada a -15° 02' 15" de latitude e -41° 07' 16" de longitude, com altitude média de 820 metros, clima tropical com estação seca (classificação climática de Köppen-Geiger: Aw), com temperatura média anual de 20,2° C e níveis pluviométricos de 600 a 800 mm em média. A área do entorno do cultivo era composta a sul e leste pela mata tipo caatinga; a norte por um cultivo de limão e, logo acima, outro cultivo de manga cv.

Tommy; e a oeste encontra-se a estrada que dá acesso à fazenda. Os tratos culturais aplicados durante o experimento foram a poda manual e a roçagem por meio de implemento acoplados em tratores.

### 3.2 Malha amostral

O local do experimento foi georreferenciado a campo, após o levantamento, e os dados foram processados em software GIS, QGIS 3.12.0 para a geração de malhas amostrais e posterior determinação dos pontos. Quanto à determinação da dependência espacial, os pontos amostrados foram georreferenciados com GPS geodésico, sendo posteriormente avaliados (Figura 1).



**Figura 1** – Mapa de localização do município de Belo Campo-BA, Brasil, e malha

amostral com distribuição dos 37 pontos georreferenciados em pomar de manga cv. Palmer, 2021.

### 3.3 Amostragem de *Ceratitis capitata*

Foram utilizadas armadilhas, modelo McPhail, instaladas a cerca de 1,50 m do nível do solo nos galhos das plantas (Figura 2A e B), contendo 250 mL de atrativo alimentar à base de proteína hidrolisada de milho a 5% da Biofruit®, e inspeções realizadas em intervalos semanais.

Devido à evaporação do atrativo, o conteúdo foi colocado em um coletor para posterior contagem dos insetos coletados, sendo o atrativo substituído semanalmente, e as moscas capturadas colocadas em frascos de vidro com solução de álcool 70%.

Outro tipo de armadilha utilizada foi a do tipo Jackson, tendo como atrativo o paraferomônio Bio Trimedilure (Trimedilure 558,8 g kg<sup>-1</sup>, Bio Controle, Indaiatuba, SP), sendo alocadas em locais protegidos dos ventos, a 1,5 a 2 metros de altura (Figura 2C e D). As avaliações das armadilhas foram realizadas semanalmente, quantificando-se o número de machos e fêmeas de *C. capitata* capturadas. A densidade de armadilhas foi de 3,08 armadilhas/hectare, utilizando 37 armadilhas de cada tipo.



**Figura 2** – Armadilha do tipo McPhail (A e B) e armadilha do tipo Jackson (C e D) em campo, Belo Campo-BA, 2021.

### 3.4 Análise dos dados

#### 3.4.1 Flutuação populacional

Foi calculado o índice MAD de *C. capitata* na área amostrada, utilizando a fórmula:

$$MAD = \frac{N}{AxD}$$

Em que,

MAD = mosca/armadilha/dia;

N = número total de moscas capturadas;

A = número de armadilhas avaliadas;

D = intervalo em dias entre as coletas.

Os dados foram correlacionados por meio do *software* XLSTAT, com os dados de temperatura do período de coleta obtidos através do INMET.

#### 3.4.2 Índices de distribuição espacial

O padrão espacial de cada espécie foi determinado por meio de três métodos distintos: o Índice de Dispersão (ID) (Perry e Mead, 1979); o Índice de Morisita, desenvolvido por Morisita (1959); e o Índice de Moran Local (LISA), elaborado por Luc Anselin (1995).

O índice de dispersão de cada espécie é calculado por meio da equação:

$$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

Em que,

$s^2$  - é a variância obtida para a população de dados e

$\bar{x}$  - é a média desta população.

O índice de dispersão ( $\chi^2$ ) foi classificado usando como referência a distribuição de qui-quadrado com  $N-1$  graus de liberdade, dessa forma, quando  $\chi^2_{(1-\alpha/2; N-1)} < \chi^2 < \chi^2_{(\alpha/2; N-1)}$ , a distribuição é classificada como aleatória;  $\chi^2 < \chi^2_{(1-\alpha/2; N-1)}$ , a distribuição é uniforme; e, se  $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha/2; N-1)}$ , a distribuição é agregada; sendo  $\chi^2_{(1-\alpha/2; N-1)}$  e  $\chi^2_{(\alpha/2; N-1)}$ , para valores



críticos de qui-quadrado com  $N-1$  graus de liberdade e significância  $\alpha$  (David e Moore, 1954).

O Índice de Morisita foi determinado utilizando-se a equação:

$$IM = q \frac{\sum_{i=1}^q x_i(x_i-1)}{T(T-1)}$$

Em que,

q=número de parcelas;

x=número de indivíduos na i-ésima parcela;

T=número total de indivíduos amostrados.

O Índice de Moran Local (LISA) foi calculado através da equação:

$$I_i(d) = \frac{(x_i - \bar{x})}{s^2} \sum_j w_{ij}(d)(x_j - \bar{x}) \quad \text{para } j \neq i$$

Em que:

$w_{ij}$ = valor na matriz de vizinhança para a região i com a região j, em função da distância d, em que  $z_i$  e  $z_j$  são os desvios em relação à média.

Se o valor encontrado for maior do que 1, a espécie possui um padrão agregado; caso o valor seja igual a 1, a variância é igual à média e o padrão é aleatório (ao acaso); e, se o valor for menor do que 1, a variância é maior do que a média e o padrão é regular (homogêneo). Geralmente o índice de Moran, é submetido a um teste no qual a hipótese nula é de independência espacial, sendo seu valor zero. Os valores positivos, situados entre 0 e +1, apontam para correlação direta; já os valores negativos, entre 0 e -1, indicam correlação inversa.

### 3.4.3 Variabilidade espacial e Geoestatística

Os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% para verificar a normalidade pelo *software* SPSS *Statistics*. Posteriormente foram analisados no *software* ArcGIS 10.6 e submetidos à análise estatística descritiva, calculando a média aritmética, coeficiente de assimetria, coeficiente de curtosis e valores máximo e mínimo, para caracterização do comportamento geral dos dados.

A distribuição espacial foi obtida através da análise geoestatística. Foram

estimados os coeficientes do modelo teórico, denominados de efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0 + C_1$ ) e alcance (A), conforme descrito por Bachmaier e Backers (2008). Com base no estudo do semivariograma ajustado ao melhor modelo teórico, foi calculado o índice de dependência espacial (IDE), conforme Zimback (2001):  $C/(C_0+C) \times 100$ , em que se considera a dependência espacial fraca o índice menor que 25%; moderada, variando de 25 a 75%; e forte, o índice maior que 75%.

Após o ajuste dos semivariogramas, foi realizada a krigagem indicadora com os dados categorizados, com o objetivo de definir áreas com maior ou menor probabilidade de ocorrência de *C. capitata*, através de mapas. A krigagem indicadora transforma os dados originais em indicadores, ou seja, modifica os valores que se encontram acima de um determinado nível de corte em 1 e aqueles que estão abaixo em 0. Essa transformação binária mostra onde há maiores valores estimados (1) e indica as maiores probabilidades de ocorrer infestação, enquanto naqueles locais que possuem valores abaixo do nível de corte (0), há menores chances de ocorrer uma infestação da praga.

A probabilidade de ocorrência foi classificada de <0,25 (baixa), 0,26-0,5 (moderada baixa), 0,51-0,75 (moderada alta) até >0,75 (alta). As áreas que apresentam uma coloração vermelha são aquelas que possuem a chance de ter uma maior incidência de moscas-das-frutas e, conseqüentemente, de causar maiores danos à cultura, podendo reduzir sua produtividade. Para a análise geoestatística e confecção dos mapas, foi utilizado o sistema computacional ArcGis 10.6.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Flutuação Populacional das moscas-das-frutas**

A presença de moscas-das-frutas foi observada somente nas armadilhas modelo Mcphail, não sendo notada a ocorrência no modelo Jackson, nas 37 armadilhas distribuídas na área experimental. Durante o período de avaliação do experimento, verificou-se a presença de *C. capitata* apenas nas seis últimas avaliações, um dos fatores que podem ter influenciado a ausência da espécie nas semanas iniciais está associado à idade do pomar (4 anos), ao primeiro ano de produção de frutos e à presença de outras espécies hospedeiras de *C. capitata* nas proximidades do cultivo.

As análises foram realizadas com os dados obtidos na nona semana, após a instalação das armadilhas em campo, ou seja, iniciando-se com 7 dias após o início da



colheita (DAIC) até o fim da mesma aos 42 DAIC, período no qual ainda foi observada a presença de *C. capitata* na armadilha MacPhail. Esses foram correlacionados com dados climatológicos de precipitação, umidade e temperatura. Entretanto, não houve variações nos dados de precipitação (período seco, sem chuva nesse intervalo de tempo). A umidade relativa do ar teve uma alta variação (17 a 58%), assim como a temperatura, que obteve uma oscilação entre a mínima (16°C) e a máxima (29°C).

Observando-se a distribuição sazonal de *C. capitata* no cultivo, constatou-se que a flutuação populacional foi baixa no período inicial da colheita, quando os frutos de manga estavam no estágio de maturação verde escuro a claro, ou seja, no início da maturação (Figura 3). Nota-se um aumento de 254,94% na abundância de *C. capitata* aos 14 DAIC, em relação aos 7 DAIC. Aos 21 DAIC, verificou-se aumento na abundância de *C. capitata* de 125%, em referência aos 14 DAIC.

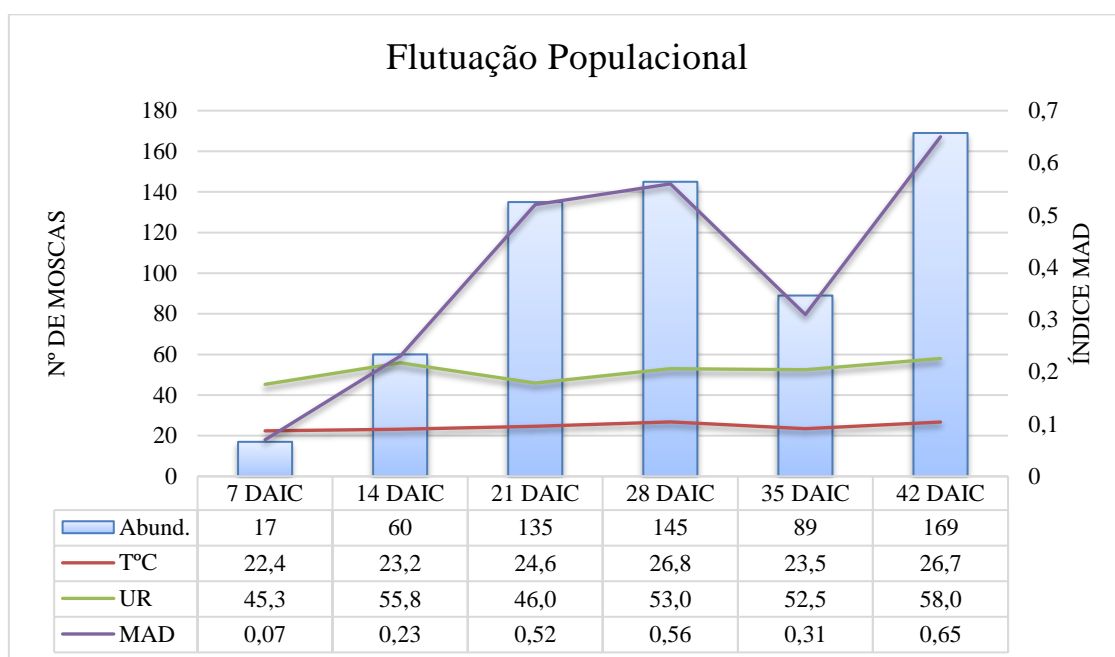
O pico populacional de *C. capitata* ocorreu aos 21, 28 e 42 DAIC. O aumento da quantidade de *C. capitata* na área pode estar relacionado com o fato de haver, cada vez mais, mangas com um grau de maturação mais avançado na área, bem como com o aumento da temperatura. Os resultados obtidos corroboram os de Thomas (2003), em que a maior incidência de moscas-das-frutas pode estar relacionada com três fatores: a maior quantidade de frutos no pomar, a umidade média e o aumento da temperatura.

Com 28 DAIC, observou-se uma estabilização na abundância de *C. capitata*, com aumento de 7,4%, comparado aos 21 DAIC, ou seja, a área de cultivo estava homogeneizada quanto à maturação dos frutos ao mesmo tempo em que a colheita avançou para a parte central do pomar, assim, houve maior disponibilidade de frutos com estágio de maturação <30% amarelo, significando que, para *C. capitata*, a coloração do fruto aumenta a atratividade da espécie para realização de oviposição. Nascimento e Carvalho (2000) afirmam que a maior densidade populacional coincide com o período em que há maior quantidade de frutos com avançado estágio de maturação, principalmente, em pomares comerciais, onde predomina um único hospedeiro. Segundo Souza *et al.* (2008), a maior abundância de moscas-das-frutas está associada com a elevada quantidade de frutos no pomar.

Já com 35 DAIC, houve um decréscimo de 38,62% na abundância de *C. capitata*, o que pode ser justificado não só pela baixa na temperatura, mas também pela hipótese de que a dinâmica populacional pode ter sido influenciada pelas técnicas de manejo, a exemplo da poda. Em contrapartida, com 42 DAIC, percebeu-se um aumento de 89,88% na abundância de *C. capitata* em relação aos 35 DAIC. Esse aumento pode ser em

decorrência não só da existência de frutos maduros a serem colhidos, como, também, da presença de frutos maduros no chão. Segundo Aluja (1994), a flutuação populacional das moscas-das-frutas pode variar em função da disponibilidade de frutos hospedeiros. Lopes (2007) afirma que os fatores climáticos, como temperatura e umidade, podem influenciar na biologia do inseto, especialmente no que diz respeito à duração das fases do ciclo biológico, a viabilidade e a fecundidade dos adultos.

Houve variações no índice MAD (mosca/armadilha/dia) (Figura 3) no cultivo. Observou-se um aumento gradativo da variação nos índices de MAD, nas primeiras semanas após o início da colheita, mas com 35 DAIC, percebeu-se uma queda no índice de 0,56 para 0,31 (Figura 3). Alves (2016) afirma que a importância do índice MAD dentro de um pomar frutícola é essencial, pois é através desse índice que é possível realizar uma tomada de decisão, antes que a praga chegue a atingir o nível de danos econômicos. O índice MAD para comercialização de frutos no mercado exterior, principalmente para os Estados Unidos e Japão, tem que ser inferior a 1 mosca/armadilha/dia (Paranhos *et al.*, 2004). De acordo com Carvalho (2005), uma atenção especial deve ser dada para os índices MAD iguais ou acima de 0,5 mosca/armadilha/dia, que é a taxa recomendada para se fazer o controle das moscas-das-frutas em pomares comerciais. No presente estudo, foi observado que o índice MAD ultrapassou o valor recomendado de 0,5 aos 21, 28 e 42 DAIC (Figura 3).



**Figura 3** – Flutuação populacional de *Ceratitis capitata*, médias semanais de temperatura, umidade e abundância em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

Foram coletados 615 exemplares de *C. capitata*, destes, 487 foram fêmeas e 128 machos (Tabela 1). Essa espécie é a principal praga da fruticultura, de maior ocorrência, e a que causa maiores prejuízos às frutíferas (Araújo, 2011), além de atacar 115 espécies vegetais (Zucchi e Moraes, 2021). As fêmeas capturadas corresponderam a 79,19% do total dos exemplares que, segundo Monteiro *et al.*, (2007), essa maior captura de fêmeas pode estar associada ao fato da proteína utilizada nas armadilhas ser muito atrativa para as fêmeas, por estar relacionada, principalmente, ao maior consumo de aminoácidos, pelas fêmeas, para a formação dos óvulos e receptividade da cópula.

**Tabela 1** – Número de *Ceratitis capitata* coletadas em armadilhas do tipo McPhail em pomar de manga cv. Palmer, no período de julho/2021 a agosto/2021, Belo Campo-BA, 2021.

DAIC	Machos	Fêmeas	Total
7	4	13	17
14	11	49	60
21	27	108	135
28	32	113	145
35	16	73	89
42	38	131	169
<b>Total</b>	128	487	615

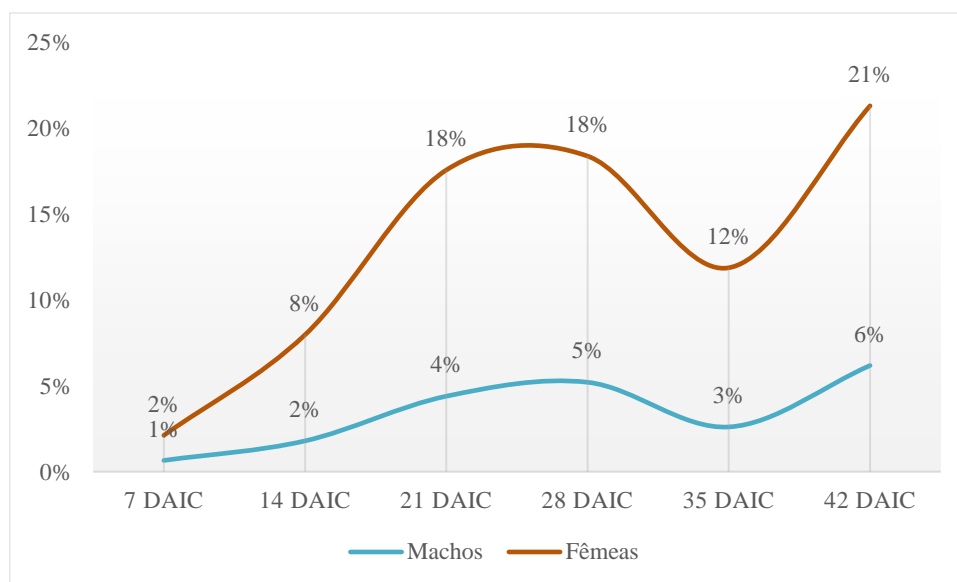
Fonte: Autor.

É possível inferir que a frequência acumulada de machos dos 07 até os 28 DAIC foi de 10%, enquanto a frequência acumulada de fêmeas, no mesmo período, foi de 46% (Figura 4), isso mostra a dominância do número de fêmeas em relação ao número de machos ao longo das avaliações. Geralmente o número de fêmeas tende a ser superior em virtude de sua migração à procura por alimento para maturação sexual e busca de substrato para oviposição (Malavasi e Morgante, 1981),

As fêmeas reconhecem o substrato de oviposição (frutos) através de estímulos visuais (coloração, tamanho e forma) e químicos (substâncias voláteis, nutrientes e fagoestimulantes) (Joachim-Bravo *et al.*, 2001).

Dessa forma, é possível inferir que a flutuação populacional de machos e fêmeas não se assemelharam ao longo de todas as avaliações. Um dos fatores que podem ter

influenciado na maior captura de fêmeas em relação ao número de machos é uma possível diferenciação na atração entre os sexos pela solução alimentar utilizada, podendo ser mais atrativa para fêmeas do que para machos, capturando, assim, mais fêmeas.



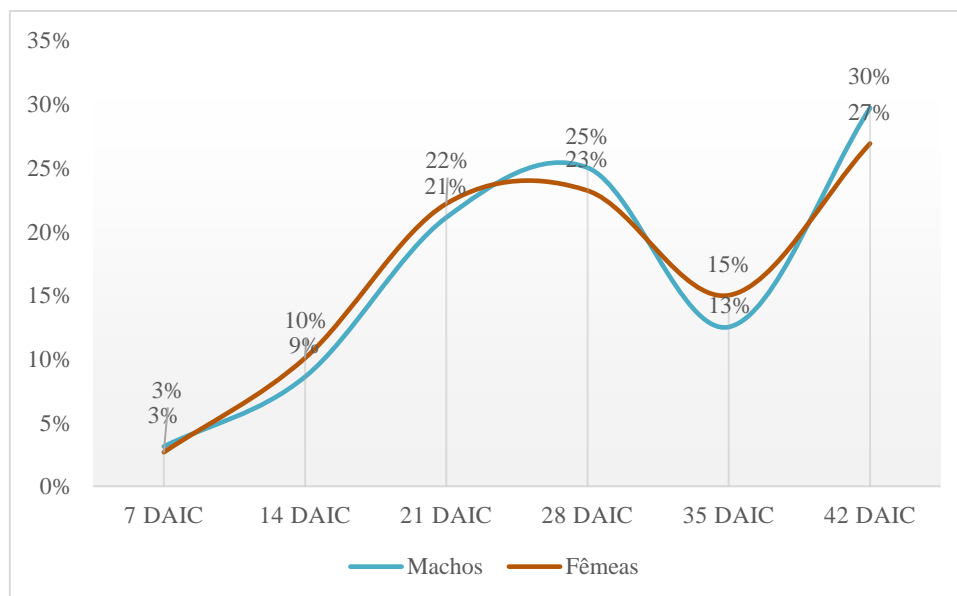
**Figura 4** – Percentual da quantidade de machos e fêmeas em relação ao total geral *Ceratitis capitata*, Belo Campo-BA, 2021.

Em seu trabalho, Paiva (2004) obteve maior número de fêmeas capturadas de *C. capitata* em relação aos machos. Quando as fêmeas da espécie *C. capitata* se encontram com os ovários maduros, tendem a permanecer na planta hospedeira, ou seja, não voam à procura de outras plantas, enquanto houver frutos viáveis para oviposição; e, quando esses ficam escassos, elas dispersam em busca de novos sítios de oviposição (Yuval e Hendrichs, 2001).

Na Figura 5, observa-se o percentual por gênero e por avaliação em relação ao total de cada gênero capturado no experimento, constatando-se que a captura ocorrida nos 7 primeiros dias da colheita mostra um percentual de 3% para machos e fêmeas. No decorrer das avaliações, é notório que esse percentual se altera, mostrando uma maior quantidade de fêmeas a cada avaliação.

Pode-se observar que os percentuais de machos e fêmeas não se distanciam, ou seja, o percentual de machos e fêmeas capturados por avaliação são bem parecidos. Por exemplo, na primeira avaliação, foram capturados 1% do total de machos capturados em todo o experimento e 2% de fêmeas do total geral de fêmeas capturadas no experimento. Esse percentual próximo se manteve nas demais avaliações, sendo assim, a captura da quantidade de machos e fêmeas se manteve em um padrão em todas as avaliações,

demonstrando que não houve fatores que tornasse essa captura desproporcional, a exemplo do crescimento populacional (reprodução, mortalidade) desigual dentre os gêneros.

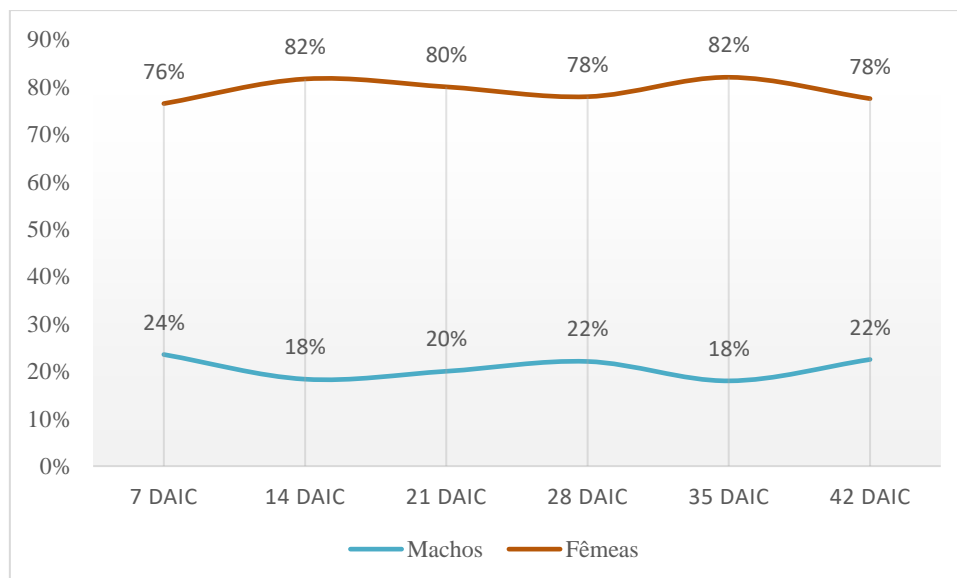


**Figura 5** – Percentual de machos e fêmeas por avaliação em relação ao total de cada gênero, Belo Campo-BA, 2021.

É possível perceber que o percentual de fêmeas capturadas se manteve entre 76-82% no decorrer das avaliações, da mesma forma que o percentual de machos se manteve em torno de 20% (Figura 6), ou seja, há um padrão no percentual de moscas-das-frutas capturadas nesse experimento. O percentual de fêmeas se mantém sempre elevado em torno do mesmo percentual, enquanto o percentual de machos se encontra sempre mais baixo em torno também do mesmo percentual.

A razão sexual obtida foi de 3,80 fêmeas para cada 1 macho. Resultados similares foram relatados por Garcia e Coerseuil (1998), em estudos com *C. capitata* em pomares de pessegueiro, os quais encontraram uma relação de 6,46 fêmeas para cada 1 macho de *C. capitata*.

Engelstein e Morgante (1991) observaram que o atrativo proteico utilizado foi mais eficiente para a captura de fêmeas do que para machos da espécie *C. capitata*. Geralmente o número de fêmeas é superior ao número de machos em virtude da migração delas pela procura por alimentos, para que haja a maturação sexual, e em virtude da demanda por locais de oviposição (Malavasi e Morganti, 1981).

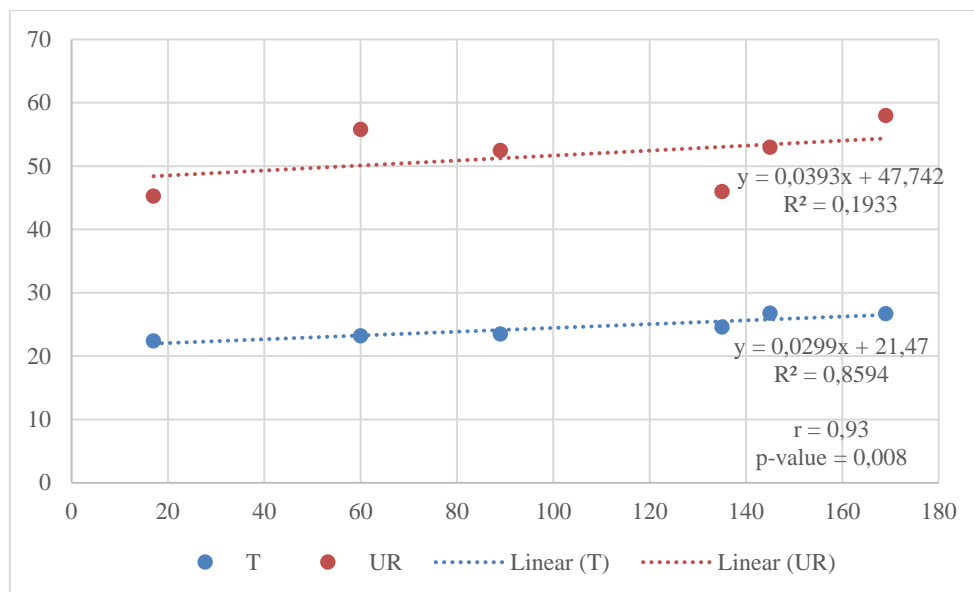


**Figura 6** – Percentual de machos e fêmeas de *Ceratitidis capitata* capturados em armadilha MacPhail em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

Foram realizadas análises de correlações de Pearson entre a abundância de moscas-das-frutas e os dados meteorológicos. Os resultados obtidos demonstram uma correlação significativa entre a abundância da mosca e a temperatura média da região ( $r=0,93$  e  $p=0,008$ ) (Figura 7), indicando que os valores de temperatura e abundância de *C. capitata* possuem o mesmo comportamento, ou seja, conforme há o aumento da temperatura há também um aumento na abundância de moscas-das-frutas, sendo assim, a temperatura explica 93% do comportamento dos dados referentes à flutuação da abundância.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) trata-se de uma medida estatística referente ao quão próximos os dados se encontram da linha de regressão ajustada, sendo assim, quanto mais próximo do valor 1, significa que o modelo explica toda a variabilidade dos dados que estão ao redor da média.

Em seus estudos sobre a flutuação populacional de *A. fraterculus*, na região Oeste de Santa Catarina, Garcia *et al.* (2003) observaram que a temperatura obteve correlação significativa em relação ao número de moscas coletadas. França (2016), estudando a influência dos fatores abióticos na flutuação populacional de moscas-das-frutas, por meio da análise de correlação de Pearson, obteve resultados que demonstraram correlação significativa para a temperatura (Figura 7).



**Figura 7** – Correlação entre a abundância de *Ceratitits capitata*, umidade relativa do ar (%) e temperatura média (°C) em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

Hospedeiros alternativos podem favorecer a continuidade da população de moscas-das-frutas, assim como os fatores climáticos são capazes de ter uma influência indireta na flutuação populacional das moscas, visto que estes podem interferir na quantidade de frutos ou ainda diminuir a aeração do solo em consequência de altas precipitações, acarretando na morte dos pupários, e diminuindo, assim, o número de moscas presentes (Aluja *et al.*, 2012).

#### 4.2 Índices de distribuição espacial de *Ceratitits capitata*

Na análise do índice de dispersão (Perry e Mead, 1979), ajustado pelo teste do qui-quadrado, verificou-se um padrão agregado (Tabela 3). Os valores do  $\chi^2$  calculado mantiveram-se acima dos valores do  $\chi^2$  tabelado ( $\chi^2_{0,975}=21,33$ ;  $\chi^2_{0,025}=54,43$ ), para um grau de liberdade igual a 36. Utilizando o índice de dispersão para avaliar o padrão de distribuição espacial de moscas-das-frutas em pomares de goiaba, Rêgo (2010) encontrou um padrão agregado em duas ocasiões de amostragem, no qual, para um grau de liberdade igual a 26, os valores do  $\chi^2$  calculado mantiveram-se acima dos valores do  $\chi^2$  tabelado ( $\chi^2_{0,975}=13,84$ ;  $\chi^2_{0,025}=41,92$ ). Foi constatado que as *C. capitata* tendem a se agregar em algumas áreas do pomar, o que pode ser resultado da demanda por zonas de alimentação ou ainda em decorrência do hábito para acasalamento e oviposição.

Para o Índice de Morisita (Morisita, 1959), foi observada uma distribuição

agregada da praga, com os valores do índice variando de 2,197 a 5,713 (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Rêgo (2010), com valores do Índice de Morisita acima de 1,1, comprovando a agregação das moscas-das-frutas nos pomares, no momento das amostragens. Segundo Malavasi e Zucchi (2000), a procura por alimento pode levar as moscas-das-frutas a uma conduta de agregação, bem como ao comportamento sexual, visto que os machos de tefritídeos têm o costume de formar agregados, a fim de atrair as fêmeas, que, mesmo após a cópula, não se dispersam para ovipositar.

Em seus estudos acerca da distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* em cultivos de algodão, Fernandes *et al.* (2002) observaram que os índices de agregação, calculados para o total de lagartas encontradas nas áreas observadas, apresentaram valores acima da unidade, na maioria das amostragens, em todos os campos, tanto para a relação variância/média (índice de dispersão) quanto para o índice de Morisita, indicando a agregação da praga.

O índice de Moran Local demonstrou uma distribuição do tipo aleatória aos 7 DAIC até os 35 DAIC, e padrão de agregação aos 42 DAIC. A utilização desse índice é de grande importância, pois ele mensura a diferença entre valores do atributo associado às localizações, ou seja, ele detecta a existência de uma autocorrelação espacial.

Nos resultados obtidos por Souza (2012), estudando a distribuição espacial de *Euschistus heros* em soja, os índices razão variância/média para adultos de *E. heros*, na maioria das épocas de amostragens nos dois campos, foram superiores a um, indicando disposição agregada. Os índices de Morisita obtidos corroboram os resultados do índice razão variância/média e diferem dos resultados obtidos através do índice de Moran Local.

**Tabela 2** – Índices de distribuição espacial de *Ceratitis capitata* coletadas em armadilhas do tipo McPhail em pomar de manga cv Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

DAIC	DISP. $\chi^2$ sup.= 54,437 $\chi^2$ inf.= 21,336	ÍNDICE DE MORISITA					ÍNDICE MORAN	
		IM	MCLU	MUNI	IMST	PCHISQ	ZSCORE	PVALOR
7	111,91 <sub>Ag</sub>	5,713 <sub>Ag</sub>	2,152	0,083	0,551	1,23 $e^{-09}$	-0,310 <sub>Al</sub>	0,757
14	254,66 <sub>Ag</sub>	4,703 <sub>Ag</sub>	1,312	0,751	0,547	1,06 $e^{-34}$	-0,157 <sub>Al</sub>	0,875
21	322,32 <sub>Ag</sub>	3,137 <sub>Ag</sub>	1,137	0,890	0,527	1,01 $e^{-47}$	0,165 <sub>Al</sub>	0,868
28	208,37 <sub>Ag</sub>	2,197 <sub>Ag</sub>	1,128	0,898	0,514	3,74 $e^{-26}$	0,889 <sub>Al</sub>	0,373
35	249,31 <sub>Ag</sub>	3,429 <sub>Ag</sub>	1,209	0,833	0,531	8,05 $e^{-34}$	1,16 <sub>Al</sub>	0,244
42	349,92 <sub>Ag</sub>	2,869 <sub>Ag</sub>	1,109	0,912	0,524	4,02 $e^{-53}$	1,891 <sub>Ag</sub>	0,059

DISP. = Dispersão; Ag = agregada; Al = aleatória. Fonte: Autor.



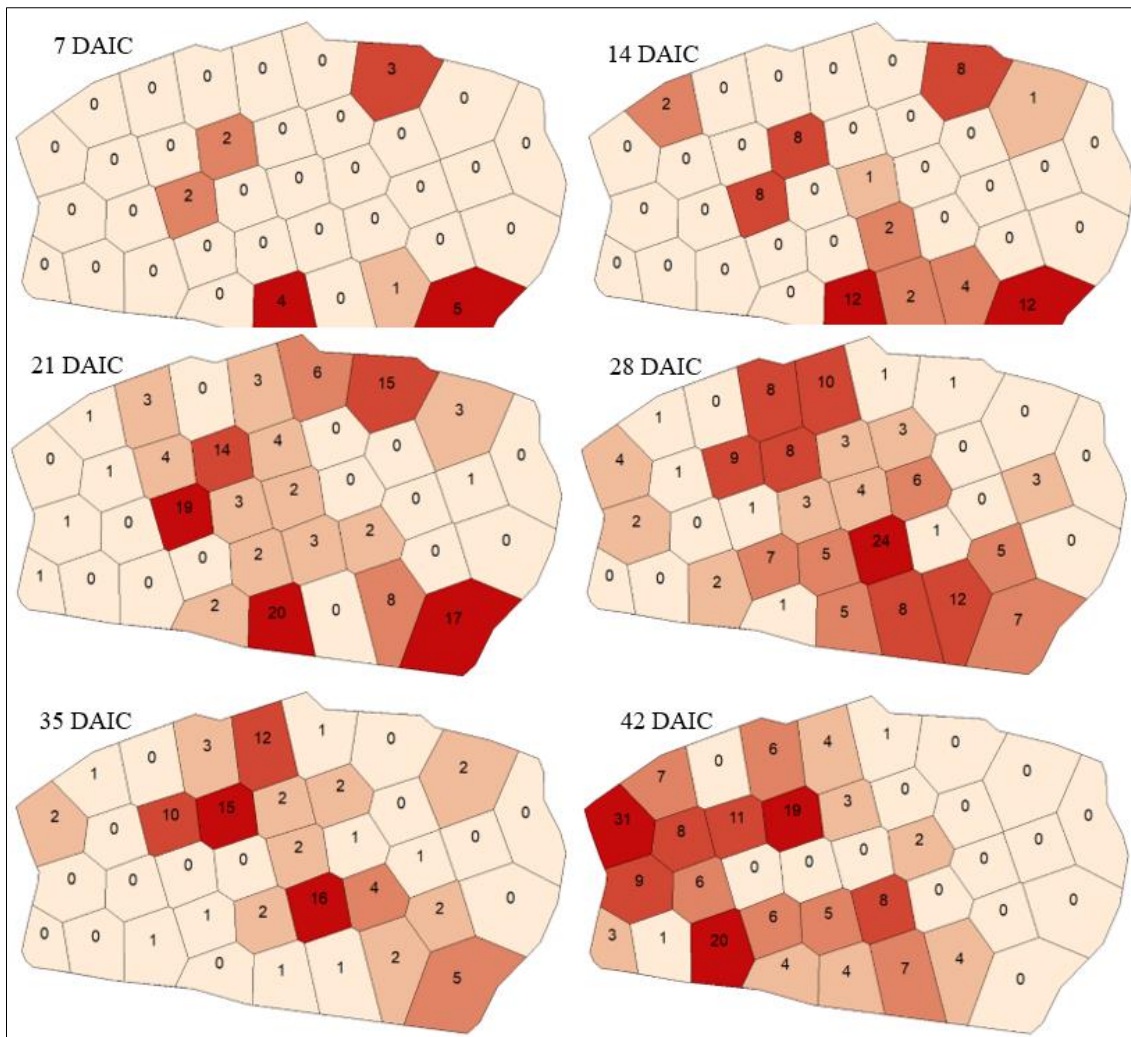
Observando o mapa de distribuição da abundância de *C. capitata* (Figura 8), logo aos 7 DAIC, pode-se ver que os locais que estão com maior incidência de moscas-das-frutas, aqueles de coloração mais avermelhada, são as bordas inferiores, indicando que, na vegetação vizinha, pode haver algum hospedeiro alternativo, onde as moscas-das-frutas podem estar alojadas; e quando as mangas começam a entrar no processo de maturação, liberam substâncias odoríferas que atraem as moscas-das-frutas para o pomar.

Numa observação feita por Ribeiro *et al.* (1995) foram relatados que os frutos das plantas, situadas na parte periférica dos pomares vizinhos às matas, são os primeiros a serem atacados por mosca-das-frutas, o que indica a migração a partir de hospedeiros silvestres.

No decorrer das avaliações aos 7, 14, 21, 28 e 35 DAIC, nota-se maior dispersão de *C. capitata* nas bordas superiores e inferiores do cultivo, que podem ser portas de entrada, sendo a vegetação na parte inferior composta por mata do tipo caatinga e circundada por plantas que atuam como hospedeiros secundários, como, por exemplo, o quiabento (*Pereskia bahiensis* Gürke), utilizado como cerca viva que circunda a propriedade; bem como cultivos de palma forrageira em áreas próximas a cultivo de manga (Leite *et al.*, 2017). Segundo Zucchi e Moraes (2021) a *C. capitata* possui uma vasta gama de hospedeiros podendo associar-se a 115 espécies vegetais no Brasil.

Um dos fatores que podem contribuir para a abundância das moscas-das-frutas, além da alta fecundidade, é também a disponibilidade de frutos hospedeiros no entorno do pomar (Uramoto *et al.*, 2003). Na parte superior do pomar, pode-se notar outra possível porta de entrada da praga, onde existe um plantio de manga mais antigo, localizado há cerca de 300 metros do local do experimento, cujos frutos eram da mesma época do pomar estudado, o que pode levar à hipótese de que esse pomar poderia ter moscas-das-frutas que migraram para o local do experimento.

Aos 21 DAIC, houve aumento na quantidade de *C. capitata* no centro do pomar, provavelmente, pela maior disponibilidade de frutos. A causa mais evidente da agregação é a heterogeneidade do habitat e de determinados fatores, como luminosidade, temperatura, vento, umidade e outros motivos ecológicos. A disputa por alimento, os estímulos sexuais são exemplos de fatores que podem interferir nos padrões de agregação das moscas-das-frutas (Farias *et al.*, 2001; Jesus, 2005). Além disso, alguns elementos como: a disponibilidade, a maturidade dos frutos e os atributos da vizinhança desses pomares podem ter afetado a distribuição espacial das *C. capitata*.



**Figura 8** – Mapa de distribuição da abundância de *Ceratitis capitata* em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

Com 42 DAIC, houve migração de *C. capitata* para as armadilhas posicionadas na parte central, tendendo para a borda lateral esquerda da área. Um fato que pode ter contribuído para que houvesse essa migração é a utilização de tratos culturais que foi iniciado no pomar na lateral direita. Insetos raramente se dispersam ao acaso, quando se encontram em seu ambiente natural, já que poucos ambientes são homogêneos e os retornos comportamentais que regem a dispersão dos mesmos são usualmente exclusivos e não ao acaso (Southwood, 1978; Taylor, 1984). Possivelmente, os tratos culturais afugentaram as moscas para locais do cultivo que ainda não havia sido colhido ou realizada a poda. Dessa forma, as moscas permaneciam em locais com maior disponibilidade de sítio de oviposição e, assim, mantiam um padrão de agregação no ambiente.

O Índice de Moran Local é uma técnica estatística para testar a autocorrelação

local e analisa a covariância entre um polígono estipulado e uma determinada vizinhança, definida em função de uma distância  $d$ .

As zonas demarcadas na coloração em vermelho são classificadas como *High-high cluster*, significando a presença de uma agregação de valores altos com vizinhos que também possuem altos valores. Os locais que apresentam uma coloração rosa-claro, classificados como *High-low outlier*, são áreas que possuem um valor alto, entretanto, seus vizinhos têm valores baixos (Figura 9).

A coloração verde-escuro, denominada de *Low-low cluster*, mostra valores significativamente baixos, indicando um regime espacial de igualdade de valores baixos naquela região, enquanto as áreas demarcadas pela coloração verde-claro, denominadas *Low high outlier*, significa que aquele local possui um valor baixo, entretanto, seus vizinhos possuem altos valores (Figura 9). Ou seja, a região que tem valores altos, cercada por regiões que também tenham valores elevados, é aquela em que há uma agregação maior de *C. capitata*, pois o ambiente é favorável para elas, seja para alimentação, acasalamento ou oviposição. Já os locais que se têm baixos valores indicam que não há uma agregação naquele meio, sugerindo que algum fator está interferindo para que aquele ambiente não esteja oportuno para a praga.

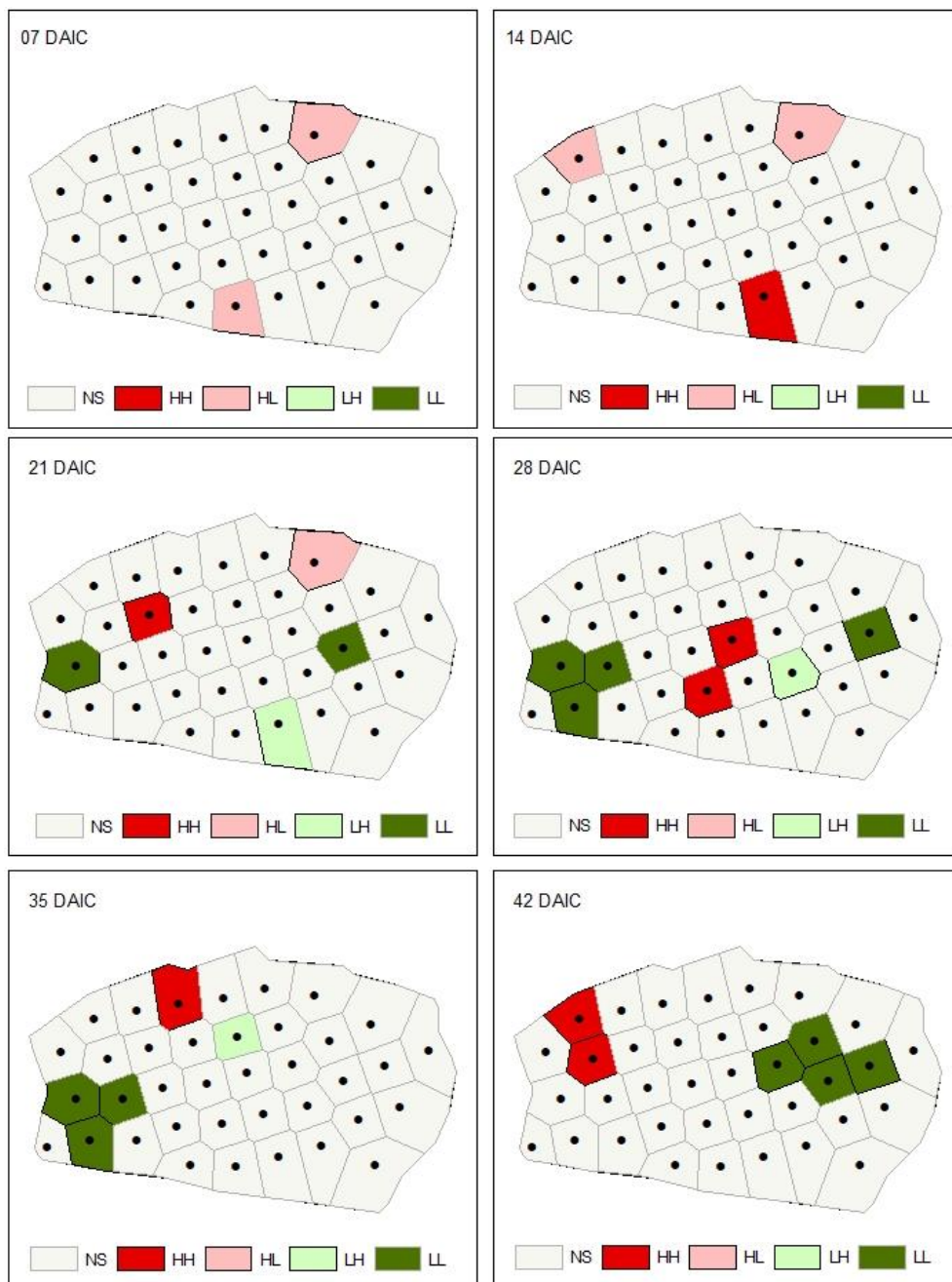
As agregações podem ser definidas de acordo com a posição dos imigrantes iniciais, o que pode influir no comportamento de outros indivíduos por meio da emissão de feromônios ou, ainda, provocando a formação de novos voláteis de plantas. Da mesma forma, as técnicas de colonização são vigorosamente influenciadas por taxas de natalidade/mortalidade que divergem localmente, de maneira que a densidade populacional total no campo aumentará, enquanto em áreas limitadas a população se extinguirá, levando a um padrão espacial agrupado (Fleischer *et al.*, 1997).

Aos 7 DAIC, as armadilhas das bordas capturaram uma quantidade de moscas considerada alta, entretanto, não se observa um padrão de agregação com as armadilhas vizinhas. Com 14 DAIC, percebe-se que um ponto foi considerado “HH”, ou seja, as armadilhas das bordas possuem um valor alto e as armadilhas próximas também, indicando um padrão de agregação.

Em seu trabalho, analisando a distribuição espaço-temporal de pragas em palmeiras, Santos (2020) aplicou o Índice de Moran em seus dados e obteve mapas que evidenciam uma tendência de maior concentração de relação espacial, no local que fica próximo da borda da área de estudo, com influência direta da vegetação nativa, dessa

forma, as armadilhas próximas às regiões de mata apresentam uma forte autocorrelação espacial com o local e com as armadilhas vizinhas.

Logo, aos 21 DAIC, nota-se um ponto de agregação de valores altos e dois pontos de agregação de baixos valores. Com 28 DAIC, percebe-se que o local de agregação de baixos valores aumentou e que a agregação de altos valores migrou para o centro do pomar, o que entra em concordância com o mapa correspondente à mesma época mencionada na Figura 8, assim como aos 35 DAIC.



**Figura 9** – Padrão de agregação de *Ceratitidis capitata* pelo Índice de Moran Local em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

Na última semana de avaliação, após o início da colheita (42 DAIC), a agregação foi baixa à direita do pomar e alta à esquerda (Figura 8). Com a entrada de tratos culturais iniciados na região direita do mapa, as moscas-das-frutas formaram agregados no lado oposto do pomar, procurando refúgio e alimento. Em seus estudos, Uramoto (2002) recomenda que sejam realizados tratos culturais nos pomares, a fim de eliminar frutos caídos no solo, pois essa prática provoca a erradicação de sítios de oviposição para as moscas-das-frutas, diminuindo, assim, sua população.

O índice de Moran Local mostra o quão essa ferramenta pode ser importante na aplicação da distribuição espacial de *C. capitata*, já que mostra onde há agregação não só de valores baixos, como também de altos valores, tornando a aplicação de técnicas de manejo mais precisas e, conseqüentemente, gerando mais economia ao produtor.

### 4.3 Variabilidade espacial de *Ceratitis capitata*

A quantidade de moscas encontradas por armadilha em cada avaliação apresentou grande variabilidade. Notou-se que o valor mínimo foi de 0 e o valor máximo de 31, obtendo um coeficiente de variação que oscila de 121,53 a 259,69, sendo que as avaliações aos 7 DAIC e aos 14 DAIC possuem maior variabilidade do que as demais, indicando uma possível tendência à agregação em armadilhas específicas (Tabela 2). Esses valores mostram o quanto os dados são dispersos em torno da média e, por conseguinte, leva a uma distribuição não paramétrica dos dados, como foi confirmado através do teste de Shappiro-Wilk.

**Tabela 3** – Valores máximos, médios, mínimos, coeficientes de variação, assimetria e curtose e teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para a abundância de *Ceratitis capitata* aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAIC, Belo Campo-BA, 2021.

DAIC	Mínimo	Máximo	Média	Coeficientes			Shapiro-Wilk
				Variação	Assimetria	Curtose	
7	0,00	5,00	0,46	259,69	2,64	8,99	< 0,0001
14	0,00	12,00	1,62	208,75	2,12	6,16	< 0,0001
21	0,00	20,00	3,68	155,08	1,85	5,08	< 0,0001
28	0,00	24,00	3,92	121,53	2,22	9,57	< 0,0001
35	0,00	16,00	2,40	169,89	2,33	7,34	< 0,0001
42	0,00	31,00	4,57	145,90	2,29	8,65	< 0,0001

Fonte: Autor.



Na análise geoestatística, através do semivariograma, é possível obter alguns parâmetros importantes para que seja realizada a caracterização da dependência espacial. Os modelos ajustados para os semivariogramas variaram entre exponencial (7, 14, 28 e 35 DAIC) e esférico (21 e 42 DAIC), de acordo com aquele que mais se adequou com a avaliação realizada (Tabela 4). O alcance (m) retrata a distância em que há dependência espacial entre as amostras, que variou de 99,5 m aos 7 DAIC até 515,2 m aos 42 DAIC, mostrando que amostras separadas entre si por distâncias menores que 99,5 m ou 515,2 m, respectivamente, estão correlacionadas espacialmente, sendo assim, os pontos coletados com distâncias maiores que esse valor são considerados independentes. O IDE oscilou de 61,90% a 98,80%, revelando uma grande variação no decorrer das avaliações.

De acordo com o modelo preditivo exponencial e o IDE, desde a primeira avaliação, apontava uma possibilidade de zonas de manejo, sendo o IDE dessa avaliação classificado como forte, o que nenhum dos outros índices apontaram. Dos 14 aos 35 DAIC, foi observado um IDE moderado, demonstrando que a praga estava bem distribuída na área, pois se percebe um equilíbrio entre as variações aleatórias e as variações com dependência espacial. Na quinta avaliação, o IDE é classificado como forte, uma vez que houve alteração na distribuição espacial das moscas em virtude do manejo que estava começando a ser aplicado naquela área.

As avaliações que obtiveram uma forte dependência espacial (aos 7 DAIC e 35 DAIC) foram aquelas que apresentaram as menores distâncias (99,57 e 104,43 metros, respectivamente). Com esses resultados, é recomendável que futuras avaliações possam ser utilizadas em espaçamentos de 100 metros entre armadilhas.

**Tabela 4** – Modelos teóricos de semivariância ajustados para 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após o início da colheita (DAIC) em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

DAIC	Modelo	Efeito pepita (Co)	Patamar (C)	Alcance (m)	IDE* (C/C+Co)	Média dos erros
07	Exponencial	0,047	0,152	99,570	76,44	-0,012
14	Exponencial	0,120	0,231	125,341	65,74	-0,007
21	Esférico	0,138	0,293	216,425	67,98	-0,001
28	Exponencial	0,176	0,285	277,319	61,90	0,011
35	Exponencial	0,003	0,264	104,430	98,80	0,011
42	Esférico	0,142	0,371	515,237	72,28	0,001

IDE – índice de dependência espacial, proposta por Zimback, 2001. Fonte: Autor.

Um dos resultados que pode ser dado pela geoestatística é a elaboração de mapas de avaliação de risco para o manejo de pragas, uma ferramenta que vem sendo cada vez mais explorada cujos mapas podem ser adquiridos através da combinação de dados obtidos a campo (Eisen e Eisen, 2011). Brenner *et al.* (1998) mostraram que esta ferramenta vem sendo utilizada em programas de MIP, a fim de não só definir, mas também quantificar as áreas que ultrapassam os limites de ação predeterminados.

Avaliando a área modelada pela krigagem indicadora, observa-se que, aos 7 DAIC, o modelo estimou que 74,31% da área em estudo foi classificada com baixa probabilidade de infestação e apenas 0,41% da área é considerada com alta probabilidade de infestação (>75%), sendo possível, dessa forma, definir uma estratégia de manejo para o controle efetivo de uma área de apenas 0,05 ha, a qual se encontra no início da infestação, podendo, assim, ser facilmente mais controlada.

Aos 14 DAIC, constatou-se que a região de baixa probabilidade de infestação diminuiu para 46,99%, aumentando a área de moderada baixa (36,56%), moderada alta (15,69%) e alta (0,76%). Desse modo, pode-se observar o aumento da probabilidade de infestação, bem como mapear o possível deslocamento da praga dentro da lavoura, deslocando-se da borda inferior para o centro da área.

Percebe-se que aos 21 e 28 DAIC, a praga já se encontra ocupando a parte central da lavoura (Figura 10). Entretanto, percebe-se que aos 21 DAIC, o percentual da área classificada como alta probabilidade de infestação que, no início era 0,41%, passou para 16,51%. Nesse período, *C. capitata* tem uma maior probabilidade de infestação no interior do pomar, enquanto as bordas laterais se encontram com baixa probabilidade de infestação.

Aos 28 DAIC, o percentual de área com baixa probabilidade de infestação teve uma queda de 72,41%, quando comparado com percentuais aos 7 DAIC, podendo estar associado ao processo de dispersão da praga no pomar. Aos 35 DAIC, é possível perceber o aumento da área de baixa infestação, passando de 1,90% (28 DAIC) para 39,42%. Esse aumento pode estar associado ao início das estratégias de controle, evidenciadas na avaliação de campo.

Ainda assim, a maior probabilidade de ocorrência de *C. capitata* (>75%) continua sendo em uma faixa central no pomar (Figura 10), em virtude, talvez, da existência de frutas com estágio de maturação >30% nessa área e, conseqüentemente, da maior infestação. Aos 42 DAIC, houve redução do número de moscas, podendo ser explicado pela redução do número de frutos, devido à colheita e aplicação de tratamentos culturais com a

poda, assim, a probabilidade de ocorrência de *C. capitata* foi baixa (<25%). A infestação da praga está relacionada à disponibilidade de sítio de oviposição (frutos), pois à medida que a colheita avança em pontos do cultivo há dispersão das moscas para áreas com maior prevalência de frutos.

**Tabela 5** – Área e percentual da área de acordo com os níveis de probabilidade de ocorrência da *Ceratitidis capitata* em pomar de manga cv. Palmer, Belo Campo-BA, 2021.

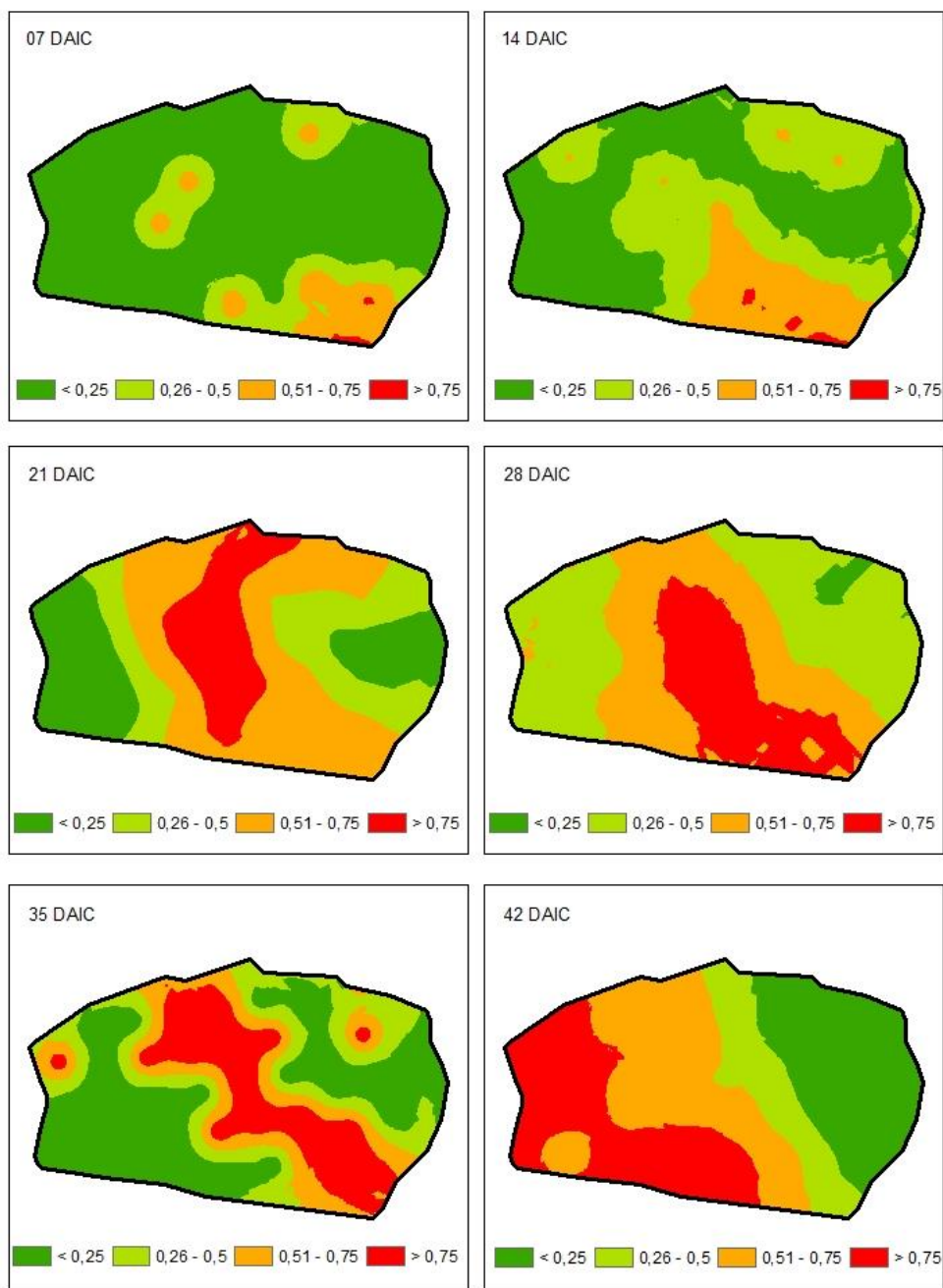
DAIC	< 25% Baixa		25 – 50 Moderada-baixa		51 – 75 Moderada-alta		> 75% Alta	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
<b>7</b>	9,40	74,31	2,18	17,22	1,02	8,06	0,05	0,41
<b>14</b>	5,95	46,99	4,63	36,56	1,99	15,69	0,10	0,76
<b>21</b>	2,92	23,07	2,85	22,53	4,80	37,89	2,09	16,51
<b>28</b>	0,24	1,90	5,42	42,83	4,18	33,01	2,82	22,26
<b>35</b>	4,99	39,42	2,80	22,13	2,19	17,28	2,68	21,17
<b>42</b>	3,49	27,62	1,84	14,54	3,80	30,06	3,52	27,79

Fonte: Autor.

Através dessas informações, é possível inferir quais os locais que necessitam de uma maior atenção na tomada de decisão. Moura e Moura (2006), estudando as moscas associadas à cultura da goiabeira, observaram que os baixos valores de moscas-das-frutas capturadas na área em estudo possam estar associados à eliminação de frutos de goiaba caídos, em virtude dos tratamentos culturais realizados nessa área. Esses fatores podem ter impossibilitado o desenvolvimento e o aumento da população desses tefritídeos no local. Dessa forma, o uso de mapas de probabilidade pode impedir que a área se torne propícia para a agregação da praga e evitar que esta se espalhe para outras regiões com menor probabilidade de ataque.

Nesse caso, o mapa fornece suporte para a seleção de setores do pomar para o posicionamento correto de uma armadilha com indicação confiável do alcance do limite, sendo possível traçar estratégias de manejo desde o início do ataque das *C. capitata*, visto que os mapas de probabilidade conseguem detectar quais os locais há maior e menor risco de ocorrência da praga.





**Figura 10** – Mapas temáticos de probabilidade de ocorrência de moscas-das-frutas da espécie *Ceratitis capitata* em pomar de manga cv. Palmer, variando entre <0,25 até >0,75, Belo Campo-BA, 2021.

## 5 CONCLUSÕES

A dinâmica populacional *C. capitata* é maior a partir do momento em que ocorre um aumento na quantidade de frutos maduros no pomar, podendo haver um declínio na flutuação populacional com intervenções na área por meio de tratamentos culturais (poda).

A abundância de *C. capitata* correlaciona-se de forma significativa e positiva com a temperatura.

Os padrões de dispersão analisados pelos índices de Dispersão de Perry e Mead e Morisita apontam para agregação de *C. capitata* em todos os períodos analisados, entretanto, esse padrão de agregação não pode ser espacializada.

É possível realizar a modelagem da variação do espaço produzindo mapas para as zonas de manejo com o modelo preditivo exponencial, demonstrando a viabilidade do uso dessa ferramenta em outras áreas com presença de plantas hospedeiras de *C. capitata*.

Os mapas obtidos por meio da krigagem indicadora permitem identificar as probabilidades de ocorrência e, com isso, traçar planos de manejo integrado de pragas, de acordo com o nível de infestação e a necessidade do cultivo.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O produtor deve ter uma atenção maior voltada para as áreas que possuem uma maior probabilidade de ocorrência da praga, realizando um controle mais severo, como pulverizações com inseticida. No entanto, nas áreas que possuem baixa probabilidade de incidência das moscas-das-frutas, o produtor pode implantar o controle preventivo, com a utilização de iscas tóxicas, para que essa baixa probabilidade não evolua para uma alta probabilidade de infestação. Dessa forma, é possível a antecipação de medidas preventivas acerca da incidência da praga na área em estudo, diminuindo, assim, o uso de inseticidas, por meio de uma aplicação mais localizada ao invés da aplicação em área total, o que reduz não só os custos para o produtor, como também evita maiores danos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrafrutas. **Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, diz Abrafrutas.** Disponível em: <https://abrafrutas.org/2019/03/07/brasil-e-o-terceiro-maior-produtor-de-frutas-do-mundo-diz-abrafrutas/>. Acesso em: out. 2021.

Aguiar, W. M.; Nascimento, A. S. Análise dos custos do programa de controle de moscas-das-frutas no polo frutícola do vale do rio Brumado. **Bahia Agrícola**, v. 9, p. 84- 93, 2011.

Aluja, M. Bionomics and management of *Anastrepha*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 39, p. 155-178, 1994.

Aluja, M.; M. Ordano, L.; Guillén, L.; Rull, J. Understanding long-term fruit fly (Diptera: Tephritidae) population dynamics: implications for areawide management. **Journal of Economic Entomology**. v. 105, p. 823-836, 2012.

Alves, J. C. G. **Flutuação populacional e análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em um pomar comercial de *Psidium guajava* L.** 2016. 66p. Nova Floresta/PB. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, PB, 2016.

Andriotti, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística.** São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165p.

Anselin, L. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, v.27, 1995.

Anuário Brasileiro de Fruticultura. **Brasilian Fruit Yearbook 2018.** Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2018.

Araujo, E. L.; Medeiros, M. K. M.; Silva, V. E.; Zucchi, R. A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semi-árido do Rio Grande do Norte: plantas hospedeiras e índices de infestação. **Neotrop. Entomologia**. 34: 889-894, 2005.

Araujo E. L.; Zucchi, R. A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em goiaba (*Psidium guajava* L.), em Mossoró, RN. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo, v. 70, n.1, p. 73-77. 2002.

Araujo, E. L.; Silva, R. K. B.; Guimarães, J. A.; Silva, J. G.; Bittencourt, M. A. L. Levantamento e flutuação populacional de moscas-das- frutas (Diptera: Tephritidae) em goiaba *Psidium guajava* L., no Município de Russas (CE). **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 138-146, 2008. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v78p2252011>

Araújo, A. A. R. **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em frutíferas nativas no estado do Piauí, Brasil.** 2011. 88p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2011.

Azevedo, F. R. de; Santos, C. A. M.; Nere, D. R.; Moura, E.S. R. Influência da cor e

forma dos frutos artificiais e quadrantes da copa da goiabeira sobre a atração de *Anastrepha* spp. para oviposição. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, v. 23, p. 34-45, 2013.

Bachmaier, M; Backers, M. Variogram or semivariograma. Understanding the variances in a variogram. **Precision Agriculture**, v.9, p.173-175, 2008.

Barbosa, J. C. A amostragem sequencial. *In*: Fernandes, O. A; Correia, A. C. B; De Bortoli S. A. (ed.). **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal: Funep, p. 205-211. 1992.

Barrigossi, J. A. F.; Young, L. J.; Crawford, C. A. G.; Hein, G. L.; Higley, L. G. Spatial and probability distribution of Mexican bean beetle (*Coleoptera*: *Coccinellidae*) egg mass populations in dry beans. **Environmental Entomology**, v.30, n.2, p.244-253, 2002. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.244>.

BioControle. Moscas das frutas/*Ceratitis capitata*. Disponível em: <https://biocontrole.com.br/produto/mosca-das-frutas-ceratitis-capitata/>. Acessado em: 01 mar. 2022.

Bittencourt, M. A. L.; Cova, A. K. W.; Silva, A. C. M.; Silva, V. E. S.; Bomfim, Z. V.; Araújo, E. L.; Souza Filho, M. F. de. Espécies de moscas-das-frutas (*Tephritidae*) obtidas em armadilhas McPhail no Estado da Bahia, Brasil Semana: **Ciências Agrárias**, v. 27, n. 4, 2006, p.561-563, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, PR.

Brenner, R. J.; Focks, D. A.; Arbogast, R.T.; Weaver, D. K.; Shuman, D. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. **American Entomologist**, p. 79–101. 1998.

Cardoso, C. E. P. **Dependência Espacial**. 2006, 10p. (Análise Espacial).

Carvalho, R. S. Metodologia para monitoramento populacional de moscas-das-frutas em pomares comerciais. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**. 17 p. 2005. (Circular Técnica, 75).

Dantas, J. L. L.; Dantas, A. C. V. L.; Coelho, Y. S. Fruticultura brasileira: realidade e perspectivas. *In*: Santos-Serejo, J. A.; Dantas, J. L. L.; Sampaio, C. V.; Coelho, Y. S. **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: Embrapa, 2009. p. 17-32.

Diaz, B. M.; Barrios, L.; Fereres, A. Interplant movement and spatial distribution of alate and apterous morphs of *Nasonovia ribisnigri* (Homoptera: Aphididae) on lettuce. **Bulletin Entomological Research** v. 102, p. 406-414, 2012. <https://doi.org/10.1017/S0007485311000745>

Eisen L.; Eisen, R. J. Using geographic information systems and decision support systems for the prediction, prevention, and control of vector-borne diseases. **Annual Review of Entomology**, p. 41-61, 2011. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144847>

- Elliott, J. M. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. 2. ed. London: **Freshwater Biological Association**. 157p. 1983.
- Elliott, N. C.; Kieckhefer, R. W.; Walgenbach, D. D. Binomial sequential sampling methods for cereal aphids in small grains. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, p.1381-1387, 1990. <https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1381>
- Engelstein, M. E. J.S. Morgante. Associação entre atrativo alimentar e paraferomônio na captura de "moscas-das-frutas" (Diptera: Tephritidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. p.73-77, 1991. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000400028>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 30 out. 2021.
- Farias, P. R. S.; Barbosa, J. C.; Busoli, A. C. Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, v.30, n.4, p.681-689, 2001.
- Fernandes, M. G.; Busoli, A. C.; Barbosa, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 203-211, 2002. <https://doi.org/10.18539/cast.v8i3.460> <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000400025>
- Fernandes, M. G.; Busoli, A. C.; Barbosa, J. C. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, v.32, n.1, p.107-115, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100016>
- Fleischer, S. J., Weisz, R.; Smilowitz, Z.; Midgarden, D. Spatial variation in insect populations and sitespecific integrated pest management. *In*: Pierce, E. J.; Sadler, E. J. The State of Site-Specific Management for Agriculture. **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America**, Madison, p.101–130, 1997.
- França, P. R. P. **Flutuação populacional de moscas-das-frutas (diptera: Tephritidae) em pomares comerciais de mangueira e viabilidade de implantação de área de baixa Prevalência em Petrolina, PE**. 2016. 64p.Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, 2016.
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Batista, G. C.; Filho, E. B.; Parra, J. R. D.; Zucchi, R. A.; Alves, S.; Vendramin, J. D.; Marchini, L. C.; Lopes, J. R. S.; Omoto, C. **Manual de entomologia agrícola**. v.10. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 531 p.
- Garcia, F. R. M. E Corseuil, E. Análise faunística de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomares de pessegueiro em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**. v.15, n.4, 1998, 7 p. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751998000400028>
- Garcia, F. R. M.; Campos, J. V.; Corseuil, E. Análise faunística de espécies de moscas-

das-frutas (Diptera: Tephritidae) na região Oeste de Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v.32, n.3, p.421-426, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000300006>

Gyenge, J. E.; Trumper, E. V.; Edelstein, J. D. Diseño de planes de muestro con niveles fijos de precisión del pulgón manchador de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* Monell (Homoptera: Aphididae) en Alfalfa (*Medicago sativa* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p. 729-737, 1999.

HF Brasil. **Exportações superam expectativas e e são recordes em setembro.**

Ihering, H. Laranjas bichadas. **Revista Agrícola**. n 6, p. 179-181, 1901.

Jesus, C. R. **Dinâmica populacional de Phyllocnistis citrella Stainton, 1856 Montenegro, RS.** 2005. 102f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

Joachim-Bravo, I. S.; Fernandes, O. A.; Bortoli, S. A. de.; Zucoloto, F. S. Oviposition behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Díptera: Tephritidae): association between oviposition preference and larval performance in individual females. **Neotropical Entomology**, n.30, n.4, p.559-564, 2001.

Krebs, C. J. Ecological methodology. New York: **Harper and Hall**, 654p, 1989.

Landim, P. M. B.; Sturaro, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas de probabilidades de riscos.** Rio Claro: UNESP, 19, p. 2002.

Leite, S. A.; Castellani, M. A.; Ribeiro, A. E. L.; Costa, D. R. da; Bittencourt, M. A. L.; Moreira, A. A. Fruit flies and their parasitoids in the fruit growing region of Livramento de Nossa Senhora, Bahia, with records of unprecedented interactions. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 39, n 4, 10p. 2017.

Loaiza, J. C. M. e Céspedes, C. L. Compuestos volatiles de plantas. origen, emission efectos, análisis y aplicaciones. **Revista Fitotecnia Mexicana**. v.30, n. 4, p. 327-351, 2007.

Lopes, E. B.; Batista, J. L.; Albuquerque, I. C.; Brito, C. H. Moscas frugívoras (Tephritidae e Lonchaeidae) ocorrência em pomares comerciais de tangerina da Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.1, n.2, p.31-37, 2007.

Luc Anselin. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**. v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

Luzardo, A. J. R.; Filho, R. M. C.; Rubim, I. B. Análise espacial exploratória com o emprego do índice de Moran. **GEOgraphia**, v.19, n.40, 2017.

Malavasi, A.; Morgante, J. S. Adult and larval population fluctuation of *Anastrepha fraterculus* and its relationship to host availability. **Environmental Entomology**, v.10, p.275-278, 1981.



Malavasi, A.; Zucchi, R. A. (eds.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: **Holos**, p.109-112, 2000.

Mesina, R. R. V. **Disposição espacial de *Panonychus ulmi* (Koch, 1836) (Acarina: Tetranychidae) e determinação do número de amostras na macieira**. 1986. 88p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

Monitor Mercantil. Manga foi a fruta mais exportada pelo Brasil em 2021. Disponível em: <https://monitormercantil.com.br/manga-foi-a-fruta-mais-exportada-pelo-brasil-em-2021/>. Acessado em: 01 mar. 2022.

Monteiro, L. B; Mio, L. L. M de.; Motta, A. C. V.; Serrat, B. M. Avaliação de atrativos alimentares utilizados no monitoramento de moscas-das-frutas em pessegueiro na Lapa-PR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, n.1, p.72-74, 2007.

Montes, S. M. N. M.; Raga, A.; Boliani, A. C.; dos Santos, P. C. Dinâmica populacional e incidência de moscas-das-frutas e parasitóides em cultivares de pessegueiros (*Prunus persica* L. Batsch) no município de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.402-411, 2011.

Moran, P. A. P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. **Biometrika**, v. 37, n. 1/2, pp.17–23, 1950. *JSTOR*. Disponível em: [www.jstor.org/stable/2332142](http://www.jstor.org/stable/2332142). Acesso em: nov. 2021.

Moreira, F. R. B. **Cultivo da Mangueira. Embrapa Semi-Árido, Sistemas de Produção 2**, jul. 2004.

Morisita, M. Id-index, a measure of dispersion of individuals. **Researches on Population Ecology**, v.4, p.1-7, 1962.

Morisita, M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributions patterns. **Memoirs of the Faculty of Science**, Fukuoka, Japan, v.2, n.4, p. 215-235, 1959.

Motomiya, A. V. A.; Corá, J. E.; Pereira, G. T. Uso da krigagem indicativa na avaliação de indicadores de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.3, p.485-496, 2006.

Moura, A. P; Moura, D. C. M. Espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas à cultura da goiabeira (*Psidium guajava* Linnaeus) em Fortaleza, Ceará. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.73, n.1, p.65-71, 2006.

Nascimento, A. S.; Carvalho, R. da S.; Malavasi, A. Monitoramento populacional. *In*: Malavasi, A. Zucchi, R. A. (ed.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: **Holos**, 327p., 2000.

Nascimento, J. E. **Distribuição espacial e plano de amostragem sequencial para o percevejo pequeno *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Heteroptera:**



- Pentatomidae), na cultura da soja.** 1995. 137p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jaboticabal, SP, 1995.
- Nojosa, G. B. A.; Henz, G. P.; Sathler, F. G. L. A Introdução de pragas e seu impacto sobre o acesso a mercados. *In: Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas.* Belo Horizonte: SBDA – Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015.
- Norrbom, A. L.; Castillo-Meza, A. L.; Garcia – Chávez, J. H. Aluja, M.; Rull, J. A new species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) from *Euphorbia tehuacana* (Euphorbuaceae) in México. **Zootaxa**, v.3780, n.3, p.567-576, 2014.
- Oliveira, T. R. **Revestimentos comestíveis de misturas de polissacarídeos na Conservação pós-colheita de manga Tommy Atkins.** 2017. 105 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2017.
- Paiva, P. E. B. **Moscas-das-frutas em citros: densidade de armadilhas para monitoramento, efeito do pH na atração e determinação do nível de controle.** 2004. 60p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Piracicaba, SP, 2004.
- Paranhos, B. J., Nava, D. E., Malavasi, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, 14 p., 2018. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.26037>.
- Park, Y. L.; Krell, R. K.; Carroll, M. Theory, technology and practice of site-specific insect pest management. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.10, p.89–101, 2007.
- Park Y. L.; Tollefson, J. J. Spatial distributions of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs and larvae: implications for sampling. **Journal of the Kansas Entomological Society**. v.79, p.129–135, 2006.
- Pazini, J. de B.; Botta, R. A.; Silva, F. F. de. Mortalidade de percevejo-do-colmo do arroz no preparo do solo para cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.1022-1024, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700020>.
- Perry, J. N.; Mead, R. On The Power of the index of dispersion test to detect spatial pattern. **Biometrics**, Arlington, USA, v.35, p.613-622, 1979.
- Rabinovich, J. E. Introducción a la ecología de poblaciones animales. México: **Compania editorial continental**, 313 p., 1980.
- Rêgo, D. R. G. P. **Mosca-das-frutas sul-americana, *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) e parasitóides associados: infestação, parasitismo e distribuição espacial em mirtáceas nativas, no Rio Grande do Sul.** 2010. 86p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.
- Ribeiro, L. G.; Kovaleski, A.; Humeres, E. Distribuição de mosca-das-frutas *Anastrepha fraterculus* em pomares de macieira. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA*, 15, 1995, Caxambu. **Resumos [...]**. Lavras: Seb/Esal, 1995. p. 116.

Ricklefs, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2003. 470 p.,

Rocha, M. M.; Yamamoto, J. K. Simulação direta de teores e estimativa de litologias na mina de ouro de São Vicente. São Paulo: FAPESP, 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001409255>. Acesso em: nov. 2021.

Rodrigues, T. R.; Fernandes, M. G.; Santos, H. R. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera, Aphididae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae) em algodoeiro Bt e não-Bt. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n.1, p.136–143, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000100019>

Rosado, J. F.; Picanço M. C.; Sarmiento R. A.; Pereira, R. M.; Pedroneto, M.; Galdino, T. V. S.; Erasmo, E. A. L. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological Research**, v.105, p.381-389, 2015. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000310>

Sá, R. F. de. **Bioecologia de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e dispersão de machos estéreis de *Ceratitis capitata* (Wied.) em pomares comerciais de manga (*Mangifera indica* L.) na Região Sudoeste da Bahia**. 2006. p.131. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 2006.

Sá, R. F.; Castellani, M. A.; Nascimento, A. S. do; Brandão, M. H. S. T.; Silva, A. N. da; Pérez-Maluf, R. Índice de infestação e diversidade de moscas-das-frutas em hospedeiros exóticos e nativos no polo de fruticultura de Anagé, BA. **Bragantina**, v.67, n.2, p.401- 411, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200016>

Santos, A. V. F dos. **Distribuição espaço-temporal de pragas em palmeiras de importância econômica na Amazônia**. 2020. 53 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2020.

Silva, A. B.; Batista, J. L. **Mosca-das-frutas: uma ameaça à fruticultura. Artigos técnicos**. 2015.

Silva, P. C. G.; Correia, R. C. **O cultivo da manga no Brasil e no semi-árido nordestino – A importância econômica e social da mangueira na região semi-árida**. 2004.

Silva-Neto, A. M.; Dias, V. S.; Joachim-Bravo, I. S. Comportamento reprodutivo de *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): efeito do tamanho dos machos sobre o seu sucesso de cópula. **Entomobrasilis**, v. 5, n. 3, p.190-197, 2012.

Silveira Neto, S.; O. Nakano; Barbin, D.; Villa Nova, N. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976, 419p.

Southwood, T. R. E. **Ecological methods**. 2. ed. New York: J.Wiley & Sons, 1978. 525p.

Souza, A. J. B.; De Lima, M. G. A.; Guimarães, J. A.; De Figueiredo, A. E. Q. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas às plantas hospedeiras o pomar do Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.1, p.21-27, 2008.

Souza, L. A. de. **Distribuição espacial e plano de amostragem Sequencial para *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) na cultura da soja convencional e transgênica**. 2012, 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Jaboticabal, SP, 2012.

Sugayama, R. L.; Malavasi, A. Ecologia Comportamental, p. 103-108, 2000. In: Malavasi, A.; Zucchi, R. A. (eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 327p.

Szentesi, A.; Greany, P. D.; Chambers, D. L. Oviposition behavior of laboratory-reared and wild caribbean fruit flies (*Anastrepha suspensa*; Diptera: Tephritidae): I. Selected chemical influences. **Entomology Experimental Applied**, v.26, p.227-238, 1979.

Taylor, L. R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. **Annual Review Entomology**, Stanford, v. 29, p. 231-57, 1987.

Thomas, D. B. Reproductive phenology of the mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Low) (Diptera: Tephritidae) in the Sierra Madre Oriental, Northern Mexico. **Neotropical Entomology**, v.32, n.3, p. 385-397, 2003.

Uramoto, K.; Walder, J. M. M.; Zucchi, R. A. Flutuação populacional de mosca-das-frutas do gênero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera, Tephritidae) no campus “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo. **Arquivos do instituto Biológico**, v.70, n.4, p.459-465, 2003.

Uramoto, K. **Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz**, Piracicaba, São Paulo. 2002. 85p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

Veran, S.; Simpson, S. J.; Sword, G.A.; Deveson, E.; Piry, S.; Hines, J. E.; Berthier, K. Modeling spatio-temporal dynamics of outbreaking species: influence of environment and migration in a locust. **Ecology**. v.96, p.737–748, 2015.

Young, L. J.; Young, J.H. Statistical ecology: a population perspective. Boston: **Kluwer Academic Publishers**, 565p.,1998.

Yuval, B.; Hendrichs, J. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini). In: Aluja, M.; Norrbom, A.L. (Ed.). **Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior**. Boca Raton: CRC Press, 2001. cap.17, p. 429-457.

Zanardi, O. Z.; Nava, D. E.; Bootton, M.; Grutzmacher, A. D.; Machota, J. R. R.; Bisognin, M. Desenvolvimento e reprodução da mosca-do-mediterrâneo em caqui, 2010.

macieira, pessegueiro e videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.682-688, 2011.

Zimback, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001.114 p. Tese (Livre-Docência)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2001.

Zucchi, R. A. (ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. cap. 1, p. 81-86.

Zucchi, R. A. **Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann)**, p. 153-172. *In*: Vilela, E. F.; Zucchi, R. A. (eds.). Pragas introduzidas no Brasil – insetos e ácaros. Piracicaba: Fealq, 908p, 2015.

Zucchi, R. A. e Moraes, R. C. B. **Moscas da fruta no Brasil - Hospedeiros e parasitóides da fruta mediterrânea mosca**. 2021. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis/>. Acesso em: 24 mar. de 2022.