



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Jadna Mylena da Silva Ferreira

**EFEITO DO MICROCLIMA NA POPULAÇÃO DE *Ceratitis capitata* EM  
POMARES DE MANGUEIRA E VIDEIRA**

JUAZEIRO – BA  
2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Jadna Mylena da Silva Ferreira

**EFEITO DO MICROCLIMA NA POPULAÇÃO DE *Ceratitis capitata* EM  
POMARES DE MANGUEIRA E VIDEIRA**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Paulo Gustavo Serafim de Carvalho  
Co-orientador: Dra. Beatriz Aguiar Giordano Paranhos

JUAZEIRO – BA  
2019

F 383e Ferreira, Jadna Mylena da Silva  
Efeito do microclima na população de *Ceratitis capitata* em pomares de videira e mangueira / Jadna Mylena da Silva Ferreira. – Juazeiro - BA, 2019.  
xii, 51 f. : il. ; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro - BA, 2019

Orientador: Prof. Dr. Paulo Gustavo Serafim de Carvalho.

1. Mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*). 2. Microclima - Modelagem matemática. 3. Fruticultura. I. Título. II. Carvalho, Paulo Gustavo Serafim de. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 632.65774

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF**  
Bibliotecário: Renato Marques Alves, CRB 5 -1458.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Jadna Mylena da Silva Ferreira

**EFEITO DO MICROCLIMA NA POPULAÇÃO DE *Ceratitix capitata*  
EM POMARES DE MANGUEIRA E VIDEIRA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.



Paulo Gustavo Serafim de Carvalho, Prof. DSc.  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – CPGEA



Beatriz Aguiar Giordano Paranhos, DSc.  
Embrapa Semiárido – CPATSA



Sílvia Helena Nogueira Turco, Profa.DSc.  
Universidade Federal do Vale do São Francisco – CPGEA



Ricardo Kenji Shiozaki, Prof.DSc.  
Universidade de Pernambuco – UPE

Juazeiro – BA, 17 de setembro de 2019.



A Deus,  
à minha mãe,  
a minha irmã,  
ao meu irmão,  
às minhas tias,  
meus pilares de sustentação,

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – CPGEA, pela estrutura fornecida ao desenvolvimento do trabalho e por oportunizar a minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Núcleo de Modelagem em Engenharia Agrícola – NUNEA/UNIVASF pelo apoio computacional.

À Embrapa Semiárido – CPATSA, pela oportunidade de aperfeiçoar os conhecimentos obtidos no Laboratório de Moscas-das-frutas, à equipe do laboratório, em especial a minha co-orientadora Beatriz Paranhos pela colaboração e total apoio ao desenvolvimento desse estudo.

À Fazenda, por disponibilizar as áreas experimentais e pela assistência fornecida durante todo o experimento, além do suporte fornecido pelos profissionais (porteiro, supervisor de campo, coordenação geral).

Ao Prof. DSc. Paulo Gustavo, pela orientação, paciência, críticas construtivas, debates e instruções acadêmicas ao longo desses dois anos de convivência.

À minha mãe Silvana, pelo amor, dedicação, paciência (risos), humildade, caráter, honestidade, disciplina, pelos investimentos na minha educação, por ter sido a minha primeira professora e o meu alicerce sagrado.

Ao meu pai Jailson (*in memoriam*), aos meus irmãos Jackson e Gabriella, pela cumplicidade, força, pelos diálogos e por torcerem pelo meu sucesso.

Ao meu padrasto Anselmo, às minhas tias Selly, Mônica, Paula, Simone e Simara (*in memoriam*), e ao meu tio amado Francisco (Chiquinho), pelo carinho, dedicação, ensinamentos, pelos exemplos de vida, encorajamentos, e por todo amor recebido por vocês.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer durante o mestrado, Ana, Amélia, Camila, Janielle, Luan, Thiago e Patrícia, pelas risadas, apoio e experiências profissionais.

Ao meu companheiro de coletas Francisco Rafael, por contribuir significativamente durante o experimento.

À Fabiana Torres, por ser além de amiga, uma irmã e agora sócia, é a pessoa que eu mais confio. Agradeço-te pelo amparo nos momentos difíceis. Ao meu grande amigo Marcelo (brejinho), pelo amparo nos momentos difíceis, pela honestidade, irmandade e companheirismo desde a graduação. É uma honra tê-los como amigos. Às minhas amigas da vida, Céfora, Louise, Herica, Sheila e Megliane, pelo carinho, suporte, conversas e pelos momentos felizes que todas vocês me proporcionaram ao longo do mestrado.

Aos servidores e técnicos terceirizados da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), pelo suporte e auxílio nos momentos de necessidade, especialmente à Carolina Torres, por ser a luz em meio ao caos para os alunos do programa, pela dedicação ao seu trabalho, pela eficiência e sabedoria com qual lida com todos os percalços que surgem no caminho. À Jamille Souza por sempre se prontificar em ajudar os alunos.

Por fim, a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a realização desse trabalho e que torceram pelo meu sucesso.

Muito obrigada!



*“A natureza deve ser considerada como um todo, mas deve ser estudada em detalhe.”*

**Mário Bunge**

FERREIRA, J.M.S. **Efeito do microclima na população de *Ceratitis capitata* em pomares de mangueira e videira.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Juazeiro, BA, 2019.

## RESUMO

A implantação dos perímetros irrigados no Nordeste do Brasil e com a expansão das áreas cultivadas com fruteiras tropicais, o Submédio do Vale São Francisco se destaca em qualidade, produção e oferta para o mercado exigente no âmbito fitossanitário. Essa expansão favorece o aumento da incidência de *Ceratitis capitata*, considerada uma das principais pragas da região comprometendo a produtividade e inviabilizando as atividades exportadoras. A ocorrência dessa espécie pode estar relacionada com o clima da região (quente e seco) e com as condições internas do pomar. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito do microclima na população de moscas-das-frutas (*Ceratitis capitata*) em pomares comerciais de manga e uva no município de Petrolina-PE. O estudo foi realizado no período de abril a dezembro de 2018. As variáveis analisadas foram temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, monitoradas e registradas por um sistema de aquisição de dados instalado no ambiente externo ao pomar. Foram selecionadas três plantas de cada cultura (manga e uva) para avaliar a temperatura e umidade do ar no interior do pomar através do data logger HOBO. O monitoramento da população de adultos da *C. capitata* nos pomares foi realizado por meio de armadilhas do tipo Jackson dispostas nas plantas selecionadas. A quantificação do número de mosca e a aquisição dos dados meteorológicos foram realizadas a cada 15 dias. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa SPSS. A confecção dos modelos foi realizada por meio da regressão linear multivariada, utilizando a variável *dummy*; dados de controle adotado pela fazenda; presença de frutos e as variáveis meteorológicas selecionadas. Não houve diferença estatística entre os dados do ambiente interno e externo dos pomares para a variável temperatura e umidade do ar. A variável velocidade do vento, radiação solar e umidade relativa do ar apresentaram correlação entre fraca e moderada em relação ao número de moscas capturadas. No entanto, a variável temperatura média do ar

apresentou correlação forte em duas situações distintas: presença e ausência de fruto, tanto no ambiente interno quanto no ambiente externo. Dos 30 modelos matemáticos obtidos, apenas 1 foi escolhido para cada cultura com o objetivo de prever a densidade populacional da espécie *C. capitata* com base no coeficiente de determinação de melhor desempenho para uva (87%) e manga (79%). A variável *dummy* mostrou-se eficaz na predição de modelos alternativos estimando o número de moscas presente no pomar com base nas variáveis estudadas, podendo ser utilizado pelo produtor a fim de estabelecer estratégias de manejo para mitigar os efeitos da praga sob a cultura. Dessa forma, o monitoramento do ambiente interno pode ser adotado para aprimorar as técnicas de controle à moscas-das-frutas.

**Palavras-chaves:** Correlação de Pearson; *dummy*; *Mangifera indica*; mosca-do-mediterrâneo; Vale do São Francisco; *Vitis vinifera*.

FERREIRA, J.M.S. **Microclimate effect on *Ceratitis capitata* population in mango and vine orchards**. 2019. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of the San Francisco Valley – UNIVASF. Juazeiro, BA, 2019.

### ABSTRACT

The implementation of irrigated perimeters in the Northeast of Brazil and with the expansion of areas cultivated with tropical fruit, the São Francisco Valley stands out in quality, production and supply to the phytosanitary demanding market. This expansion favors the increased incidence of *Ceratitis capitata*, considered one of the main pests in the region, compromising productivity and making export activities unfeasible. The occurrence of this species may be related to the climate of the region (hot and dry) and the internal conditions of the orchard. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of microclimate on the fruit fly population (*Ceratitis capitata*) in commercial mango and grape orchards in Petrolina-PE. The study was conducted from April to December 2018. The variables analyzed were temperature and relative humidity, wind speed and solar radiation, monitored and recorded by a data acquisition system installed outside the orchard. Three plants of each crop (mango and grape) were selected to evaluate the temperature and humidity of the air inside the orchard through the HOBO data logger. The monitoring of *C. capitata* adult population in the orchards was carried out by means of Jackson-type traps arranged in the selected plants. Fly number quantification and weather data acquisition were performed every 15 days. All statistical analyzes were performed using the SPSS program. The making of the models was performed by multivariate linear regression, using the dummy variable; control data adopted by the farm; presence of fruits and the selected meteorological variables. There was no statistical difference between data from the internal and external environment of the orchards for the variable temperature and air humidity. The variable wind speed, solar radiation and relative humidity showed a correlation between weak and moderate in relation to the number of flies caught. However, the mean air temperature variable was strongly correlated in two distinct situations: presence and absence of fruit, both indoors and outdoors. Of the 30 mathematical models obtained, only 1 was chosen for each crop in order to predict the population density of *C. capitata* species based on the coefficient of

determination of best performance for grapes (87%) and mango (79%). The dummy variable was effective in predicting alternative models by estimating the number of flies present in the orchard based on the studied variables and could be used by the producer to establish management strategies to mitigate the effects of the pest on the crop. Thus, indoor environment monitoring can be adopted to improve fruit fly control techniques.

**Keywords:** Pearson Correlation; *dummy*; *Mangifera indica*; mediterranean fly; San Francisco Valley; *Vitis vinifera*.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	10
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
Panorama da Fruticultura no VSF .....	11
Importância econômica e aspectos gerais das moscas-das-frutas .....	13
<i>Ceratitis capitata</i> .....	14
Monitoramento de <i>C. capitata</i> .....	15
Influência de variáveis meteorológicas no desenvolvimento do inseto-praga .....	16
Modelagem matemática .....	17
Regressão Linear Múltipla.....	17
Variável binária “Dummy” .....	18
MATERIAL E MÉTODOS .....	19
Área de estudo e condições de cultivo .....	19
Material vegetal .....	19
Monitoramento de <i>C. capitata</i> .....	20
Medições meteorológicas.....	21
Processamento e análise de dados .....	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
Comportamento das variáveis meteorológicas.....	25
Flutuação populacional de <i>C. capitata</i> .....	27
Correlação entre a flutuação populacional e os dados meteorológicos .....	28
Correlação entre a temperatura média do ar e o número de moscas capturadas na ausência e presença de frutos .....	33
Modelagem matemática .....	36
CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Kist et al. (2018), o cenário frutícola do país indica que as frutas mais exportadas atualmente são: manga, melão e a uva; ocupando o 1º, 2º e 3º lugar no ranking nacional, respectivamente. A maior parte da produção é proveniente da região Nordeste, destacando-se o Submédio Vale do São Francisco que apresenta características climáticas favoráveis à produção de frutas de alta qualidade, associada ao uso da irrigação suplementar nas áreas de cultivos.

No entanto, a partir da colheita dos frutos para exportação podem surgir problemas fitossanitários causados pela principal praga com dano econômico na região conhecida como mosca-das-frutas. Pertencente à Família Tephritidae as moscas-das-frutas compõem um conjunto de mais de 5.000 espécies e cerca de 20 espécies são responsáveis por partes das perdas de frutos em todo o mundo (MARTINS, 2002).

No Brasil, as espécies que apresentam maior dano econômico são: *Ceratitidis capitata* (Wied.), e sete espécies pertencentes ao gênero *Anastrepha* (*A. grandis* Macquart, *A. fraterculus* (Wied.), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparalella* (Loew), *A. sororcula* Zucchi, *A. striata* Schiner e *A. zenilidae* Zucchi) (LIMA, 1926; FONSECA e AUTUORI, 1936; ORLANDO e SAMPAIO, 1973; MALAVASI et al., 1980; SOUZA FILHO et al., 2000; ZUCCHI, 2000).

Dentre essas espécies, a mosca-das-frutas (*C. capitata*) destaca-se como praga chave na região do Vale do São Francisco, devido a sua capacidade de produzir várias gerações/ano em razão da sucessão de hospedeiros comerciais e alternativos, utilizando a popa do fruto in natura para o seu desenvolvimento larval, além da sua alta capacidade de adaptação ao clima local (MONTES et al., 2011).

O fator abiótico mais importante para o desenvolvimento larval é a temperatura média do ar, onde em regiões com temperaturas amenas e tropicais favorecem o aumento populacional de *C. capitata* e espécies do gênero *Anastrepha* (ARAÚJO, 2011). De acordo com Salles (1995), a dinâmica populacional de moscas-das-frutas não segue um padrão exato, devido a variações existentes e dependentes do ano, local ou região, no entanto, dois elementos são fundamentais para compreender essas variações: o hospedeiro e os fatores climáticos.

Atualmente, um dos principais métodos científicos utilizados no controle de pragas é a modelagem, que baseia-se na transformação de problemas reais em soluções matemáticas. Um modelo pode ser utilizado para fins de previsão, preenchimento de variáveis de interesse, monitoramento, trabalhos experimentais e laboratoriais. Cujo objetivo principal é aprimorar o entendimento de um determinado ecossistema, antecipar os eventos e quantificar os impactos causados antes mesmo que ele ocorra, auxiliando na tomada de decisão e nas medidas preventivas (FRAGOSO JÚNIOR et al., 2009).

A predição de modelos que descrevam a dinâmica populacional do inseto-praga necessita de informações específicas, como os fatores bióticos e abióticos, além das atividades de origem antrópica. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do microclima na população de *C. capitata*, e propor um modelo matemático preditivo para a densidade populacional da praga, com base na estratégia de controle adotada pela fazenda e nas variáveis meteorológicas analisadas no ambiente interno e externo dos pomares comerciais de uva e manga em Petrolina, Pernambuco.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Panorama da Fruticultura no Vale do São Francisco (VSF)**

O semiárido brasileiro apresenta condições quase perfeitas para a produção de frutas com alta qualidade e com padrão para exportação, além de impulsionar a economia do país. A irregularidade das chuvas na região torna-se um fator positivo para a sanidade de plantas e frutos, na concentração de açúcares na planta, e na coloração, contudo o uso da irrigação se faz necessário para suprir as necessidades hídricas das culturas.

As cidades de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA) estão situadas na região do Submédio VSF, composta por 4 municípios no estado de Pernambuco (Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa vista e Orocó), e 4 municípios do estado da Bahia (Juazeiro, Sobradinho, Curaçá e Casa Nova) (BRASIL, 2001; BRASIL, 2002). Os investimentos oriundos do Governo Federal fizeram com que a região ganhasse destaque no cenário frutícola mundial, gerando emprego e desenvolvimento para essas cidades circunvizinhas, devido as condições de solo e clima favoráveis ao



cultivo de frutíferas, favorecendo assim atividades como a mangicultura e a viticultura.

O Brasil se destaca pela autossuficiência na produção de manga e também por ser o maior exportador da fruta, com 179 mil toneladas embarcadas e mais de 205 milhões de dólares em receita no ano de 2017, segundo o Anuário Brasileiro de Fruticultura (2018).

A introdução da mangueira (*Mangifera indica*) no Brasil ocorreu pelos portugueses, pertencente à família Anacardiaceae e originada da Índia, é uma cultura rica em fibras, geralmente é consumida in natura e muito difundida em diversos países. Hoje existem várias cultivares comerciais dessa espécie, como a Espada, Haden, Rosa, Keit, Tommy Atkins, Kent e a Palmer. Essas cultivares são comercializadas tanto no mercado interno quanto no externo, principalmente no mercado externo pelo alto investimento em tecnologias modernas, como irrigação, indução floral, qualificação e especialização do serviço em toda cadeia produtiva, além das condições edafoclimáticas que permitem a produção de manga em todo o ano (OLIVEIRA et al., 2015).

O Setor vitícola nacional tem crescido não apenas na região Sul do país, mas também no semiárido nordestino. O sucesso do cultivo da videira se deve pela fácil adaptação ao clima local e as características de solo, favorecendo mudanças fisiológicas como o metabolismo acelerado, possibilitando a produção de uva durante todo o ano (MOREIRA et al., 2010).

Pertencente à família Vitaceae, a uva (*Vitis vinífera*) tem sua origem na Groelândia. Sua introdução no Brasil se deu por meio de cultivares proveniente dos Estados Unidos e anos depois algumas cultivares italianas também foram introduzidas para a produção de uvas finas e de mesa (ALVARENGA et al., 1998). Atualmente com os avanços tecnológicos, existem diversas variedades de uva com sementes (Brasil, Benitaka, Itália, Red Globe e Rubi) e sem sementes (Sugraone, Thompson Seedless e Crimson Seedless), essas variedades são produzidas de acordo com a demanda internacional (ARAÚJO, 2011; MOREIRA et al., 2010).

Embora tenha ocorrido uma queda na área plantada em relação ao ano de 2016, o ano de 2017 bateu o recorde de 1,68 milhões de toneladas de uvas produzidas, e aproximadamente 110 milhões de dólares em receita. O estado do Pernambuco aumentou sua produção em 60% em relação ao ano anterior, equivalente a 390,3 mil toneladas de uvas (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2018).

No Brasil a perda de frutos é entre 28 a 33% dos produtos comercializados (Kist et al., 2018). Uma das principais barreiras à comercialização de frutas *in natura* são os problemas de origem fitossanitária, principalmente aqueles provocados pela principal praga de dano econômico na região, conhecida como moscas-das-frutas.

## **2.2. Importância Econômica e Aspectos Gerais da Moscas-das-frutas**

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são consideradas quarentenárias e as principais pragas de frutíferas cultivadas em todo o mundo, podendo provocar perdas de aproximadamente 120 milhões de dólares por ano a fruticultura brasileira e mais de dois bilhões de dólares em escala mundial (MOSCAMED, 2012). No Brasil, as moscas-das-frutas são conhecidas como pragas de grande importância econômica para a produção e comercialização de frutos frescos, principalmente quando são destinadas ao mercado externo (NASCIMENTO et al., 1982).

Inicialmente os danos são causados pela oviposição das fêmeas nos frutos ainda no pé. Em seguida, as larvas se alimentam da polpa da fruta, causando o apodrecimento e queda precoce, reduzindo a produtividade, além de depreciar os frutos e inviabilizar a sua comercialização, principalmente no mercado externo.

Pertencente à família Tephritidae, os gêneros de moscas-das-frutas de importância mundial são: *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Bactrocera*, *Dacus* e *Rhagoletis*. No Brasil boa parte dos danos são da espécie *Ceratitis capitata* e do gênero *Anastrepha* (*A. grandis* Macquart, *A. fraterculus* (Wied.), *A. obliqua* (Macquart), *A. pseudoparalella* (Loew), *A. sororcula* Zucchi, *A. striata* Schiner e *A. zenildae* Zucchi) (LIMA, 1926; FONSECA e AUTUORI, 1936; ORLANDO e SAMPAIO, 1973; MALAVASI et al., 1980; SOUZA FILHO et al., 2000; ZUCCHI, 2000). No Submédio VSF as espécies do gênero *Anastrepha* e a *C. capitata*, ocorrem com maior frequência nos pomares de uva e manga (PARANHOS et al., 2008).

## **2.3. *Ceratitis capitata***

Conhecida como mosca do mediterrâneo, a espécie *C. capitata* (Wiedemann, 1824), originária do continente Africano é considerada uma das mais polípagas do mundo entre os tefritídeos. Foi introduzida no Estado de São Paulo em 1901, sendo um dos mais antigos registros de espécie invasora exótica (ZUCCHI, 2001). Essa

espécie é associada a 85 hospedeiros, incluídos em 26 famílias botânicas (ZUCCHI, 2012).

Classificados como holometábolos (metamorfose completa), as moscas possuem um ciclo de vida que ocorre em três ambientes distintos: na vegetação, no fruto e no solo; para o seu desenvolvimento completo é necessário passar por quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto (ALMEIDA, 2008; LEMOS, 2012).

O adulto de *C. capitata* mede de 4 mm a 5 mm de comprimento, apresenta coloração amarela escuro, tórax preto na face superior, com desenhos simétricos brancos, o abdômen é amarelo com listras transversais acinzentadas, e olhos castanhos violáceo. A diferença entre o macho e a fêmea é a presença de um par de apêndices filiformes entre os olhos, semelhante a um segundo par de antenas, e não possui ovipositor. A fêmea pode colocar de 1 a 10 ovos por fruto, e até 800 ovos na sua fase reprodutiva, possui forma elíptica, e coloração branca-creme. A larva mede entre 5 a 8 mm de comprimento e tem o hábito de dobrar e saltar (SOUZA FILHO et al., 2004, OLIVEIRA et al., 2010).

Após a punctura inicia-se o ciclo biológico, onde eclodem as larvas que se desenvolvem no interior dos frutos, promovendo o apodrecimento da polpa e a queda precoce dos frutos (MALAVASI et al., 1994). O estágio larval dura em torno de 8 a 20, dependendo dos fatores climáticos, a larva deixa o fruto e empupa no solo, permanecendo cerca de 15 dias, em seguida emerge o adulto, reiniciando o ciclo da praga, geralmente o ciclo de vida dura entre 22 a 30 dias (SILVA, 2013).

Pimentel et al. (2017) e Paranhos et al., (2008) afirmam que essa espécie é altamente prejudicial a fruticultura mundial, devido à alta capacidade de adaptação as condições ambientais a qual são submetidas, além da disponibilidade e facilidade de hospedeiros comerciais e alternativos. A sua flexibilidade em adaptar-se a novos cenários ecológicos, indicam a necessidade promover o manejo de forma eficiente, baseando -se na abundância e na flutuação populacional dessa praga.

#### **2.4. Monitoramento de *C. capitata***

O monitoramento da população de moscas é realizado utilizando-se armadilhas, permitindo conhecer a sua abundância e distribuição, possibilitando um programa de controle eficaz (GAMA, 2013).

Existem dois tipos de armadilhas, a Mcphail (todos os tipos de moscas) e a Jackson (apenas machos de *C. capitata*). A Mcphail é mais utilizada em escala comercial, podendo ser de plástico ou vidro, além de apresentar modelos alternativos feitos artesanalmente, com materiais descartáveis. Geralmente, usa-se como atrativo alimentar a proteína hidrolisada na concentração de 5%, e em pomares menores onde a produção não é destinada a exportação, pode-se utilizar outros tipos de atrativos alimentares, como o suco de frutas + açúcar ou melaço de cana de açúcar na concentração de 10% (PARANHOS et al., 2008).

Segundo Souza e Nascimento (1999), deve se colocar a armadilha na periferia dos pomares, colocada na planta e protegida dos raios solares, a uma altura de 1,60 a 2m do solo. As coletas devem ocorrer em intervalos semanais, devido a possibilidade de evaporação do atrativo, esvaziando o seu interior com uma peneira fina, onde as moscas ficaram retidas. Em seguida é só realizar a identificação e contabilização.

A armadilha do tipo Jackson é ideal para a captura de machos da espécie *C. capitata*. Nessa armadilha o atrativo é o feromônio trimedlure (TMD), atraindo os machos para uma superfície adesiva onde ficam presos e morrem lentamente. Essa superfície adesiva fica na parte interna da armadilha, que é feita com papel parafinado na cor branca e montado na forma de um triângulo.

O raio de alcance da armadilha é de 1 para cada 5 hectares, a sua instalação deve ser feita na periferia do pomar, protegido de ventos, e a 1,5 a 2 m do solo. As coletas devem ser realizadas a cada 15 dias, para quantificar o número de moscas capturadas e trocar o piso; o TMD deve ser trocado a cada 45 dias (PARANHOS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2015)

Esse monitoramento é importante para definir o nível de ação ou nível de controle para impedir as perdas na produção. Esse nível de controle é dado pelo Índice MAD (mosca/armadilha/dia), dividindo-se o número de moscas capturadas pelo número de armadilhas e pelo número de dias que ficou em exposição no campo. O controle deve ser adotado quando a população de *C. capitata* em pomares de uva e manga para exportação quando o índice MAD atingir um valor acima de 0,5 (PARANHOS, 2007).

A implantação de programas de monitoramento é necessária para cumprir as normas estabelecidas pelos países importadores de fruto *in natura* e para romper as barreiras fitossanitárias conforme estabelece as medidas quarentenárias impostas

aos países exportadores, dessa forma o controle de moscas-das-frutas representa uma medida de grande importância para os produtores frutícolas (FAO, 1995; FAO, 2000).

## **2.5. Influência de variáveis meteorológicas no desenvolvimento do inseto-praga**

Segundo Montes et al. (2011), a flutuação populacional de moscas-das-frutas pode estar relacionada tanto com os fatores bióticos quanto os fatores abióticos. Os fatores relacionados ao clima (abióticos), tais como temperatura, umidade relativa, precipitação pluviometria e velocidade do vento podem ser responsáveis pela variação do índice de captura desses insetos.

Araújo (2011), cita que zona considerada ótima para o desenvolvimento da praga é de 16 a 32°C e de 75 a 85% de umidade relativa, variando de região para região. Para cada região do país os fatores climáticos se comportam de maneiras distintas, podendo influenciar ou não na dinâmica populacional da mosca.

A temperatura média do ar (°C) é um dos fatores mais importantes à ocorrência de moscas, onde, temperaturas amenas favorecem o aumento populacional em determinadas regiões do país (ARAÚJO et al., 2008). Salles (2000), cita que a temperatura é o fator que mais influencia a biologia das pragas, estudos realizados por ele, observou que temperaturas de 10°C e acima de 35°C não há desenvolvimento de nenhuma as fases do ciclo de vida da espécie *A. fraterculus*.

Em Mossoró no Rio Grande do Norte, Araújo (2002) constatou que a temperatura associada a precipitação pluviométrica são os fatores que mais influenciaram a ocorrência de moscas. Oliveira et al., (2009), verificou que os meses de temperaturas mais amenas ocorreram aumento no número de moscas-das-frutas capturadas e nos meses mais quentes do ano não houve aumento na sua ocorrência, no Estado do Ceará em um pomar de mangueira.

Silva (2013), em um pomar de goiabeira cita que a precipitação pluviométrica influenciou na flutuação populacional de moscas no município de Nazária – PI, enquanto que a temperatura média e umidade relativa do ar, não exerceram nenhum tipo de influência. Já Calore et al. (2013), no pomar de goiabeira notou que os picos

populacionais de mosca aumentavam de acordo com o aumento da temperatura mínima, média e máxima.

## **2.6. Modelagem Matemática**

A modelagem matemática é um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos. É uma maneira de abstração e generalização que tem a finalidade de previsão de tendências. Em outras palavras, é definida como um método científico de pesquisa que consiste na transformação de problemas reais em problemas matemáticos, que são resolvidos através da interpretação, apresentando soluções na linguagem do mundo real (BASSANEZI, 2002).

Essas soluções são então enquadradas as situações de onde esses problemas são extraídos e as validações dessas soluções são comprovadas (ou não) a partir dos dados disponíveis coletados. Os diversos benefícios da aplicação da modelagem em pesquisas científicas, podem ser constatados nos avanços obtidos em inúmeros campos, dentre eles, o planejamento e monitoramento de programas de controle de pragas. (BASSANEZI, 2002).

A utilização da matemática é uma das muitas formas de resolver problemas da vida real. Outras formas incluem experimentação, tanto usando modelos físicos em escala, quanto utilizando experimentação direta, no mundo real (MURTHY et al., 1992). Murthy et al. (1992), Hilborn e Mangel (1997) e Bassanezi (2002) afirmam que dificilmente um modelo matemático se torna adequado na primeira tentativa de simulação; com isso os ajustes realizados com o intuito de melhorar o sistema pode ser feito até que o ponto que se atinge o modelo se revele adequado.

O estudo do modelo matemático vem ganhando espaço dentro das áreas de ciências biológicas e meio ambiente. Isso pode ser percebido no ramo de ecologia de populações, já que são estruturadas por teorias e formulações matemáticas, enfatizando a distribuição e abundância de um organismo vivo (ELTON, 1927; ANDREWATHA e BIRCH, 1954; CASE, 1999).

Além disso, a sua utilização para resolver problemas agrícolas tem ganhado destaque no cenário atual. Modelos para avaliar o comportamento climático, para justificar a eficiência de um determinado controle, para prever a população de uma determinada praga, e o modelo presa-predador; dessa maneira é necessário formas de estudos mais usuais e aceitas para promover a estabilidade e um maior realismo

aos modelos obtidos em função de razões populacionais existentes, em cada instante de tempo.

## **2.7. Variável Binária “Dummy”**

Durante a análise de regressão a variável dependente pode ser influenciada tanto por variáveis quantitativas quanto por variáveis qualitativas. As quantitativas podem ser mensuradas em alguma escala, o que não ocorre com as variáveis qualitativas, indicando a presença ou ausência de uma qualidade ou atributo específica. Uma forma para quantificar esses atributos é construir variáveis artificiais que assumam valores de 1 ou 0, conhecidas como variável binária ou variável “*dummy*” (MISSIO e JACOBI, 2007).

A variável *dummy* representa algo que não possui valores numéricos ou, caso possua esses valores não tem realmente um significado numérico. Ou seja, é uma forma de inserir características qualitativas em modelos matemáticos. Em geral, pode assumir apenas um de dois valores (0 ou 1), indicando a presença ou ausência de uma determinada característica (WOOLDRIDGE, 2008).

Esse tipo de variável pode ser utilizado em modelos simples, em que a única variável explicativa é a própria *dummy*, e em modelos mais complexos, em que uma variável categórica é desdobrada e duas ou mais variáveis *dummies*. A combinação de *dummies* para diferentes categorias e para modelos que combinem com *dummies* e variáveis quantitativas. Nesse caso, duas análises são possíveis: incorporar as mudanças no intercepto ou na declividade de uma função, possibilitando a identificação de mudanças estruturais (MISSIO e JACOBI, 2007).

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1. Área de estudo e condições de cultivo**

O experimento foi conduzido no período entre abril a dezembro de 2018, em uma fazenda com produção de frutos para exportação, localizada no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, em Petrolina (09° 23' 55" S; 40° 30' 03" W e 376 m), situada na mesorregião do São Francisco, no estado de Pernambuco (Figura 1). O clima da região é caracterizado como semiárido quente do tipo BSw<sub>h</sub>, de acordo

com a classificação de Köopen (ALVARES et al., 2013). As características climáticas locais são determinadas pela precipitação média anual de 500 mm ano<sup>-1</sup>, concentradas entre os meses de novembro a abril, temperatura média do ar de 26,5 °C e umidade relativa do ar de aproximadamente 66%.

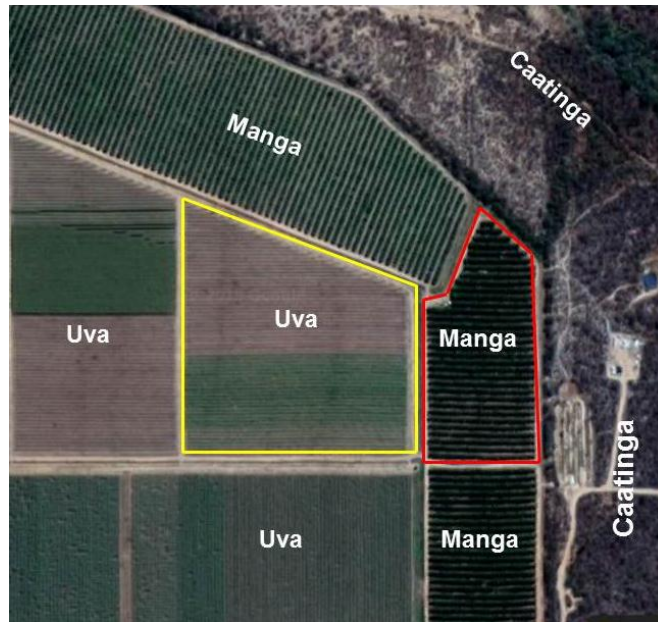


**Figura 1.** Localização da fazenda onde a pesquisa foi desenvolvida, Petrolina-PE.  
Fonte: Google Maps.

### 3.2. Material vegetal

Foram selecionadas duas culturas: Manga (*Mangifera indica*) e uva (*Vitis vinífera*). As cultivares estudadas foram a Keit (manga) e Arra 31 (uva). O cultivo da mangueira apresenta espaçamento de 2 x 6 m, e sistema de irrigação localizada por microaspersão, com área igual a 1,5 hectares. O cultivo da videira apresenta espaçamento de 2,5 x 4 m, e sistema de irrigação localizada por gotejamento, com área igual a 1,7 hectares, distanciado aproximadamente a 25 m do pomar de manga.





**Figura 2.** Área em destaque onde o experimento foi conduzido no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE.  
Fonte: Google Maps.

### 3.3. Monitoramento de *C. capitata*

Para o monitoramento de mosca-da-fruta da espécie *C. capitata* foi utilizada armadilha do tipo Jackson, iscadas com paraferomônio Trimedlure (TMD), dispostas entre a parte superior e mediana da copa da planta e espalhadas da periferia para o centro do pomar com locais de maior chance de captura, segundo a recomendação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Figura 3). A proporção é de 1 para cada 5 hectares de área cultivada, fixadas entre 1,5 a 2 m de altura do solo (PARANHOS et al., 2013).

A armadilha Jackson é indicada especificamente para a *C. capitata* pela alta capacidade de atração dos machos através do feromônio. A contabilização do número de moscas e a troca do piso foram realizadas a cada 15 dias e o paraferomônio TMD a cada 45 dias, conforme a recomendação do fabricante.



**Figura 3.** Armadilha do tipo Jackson utilizada para a captura de moscas da espécie *C. capitata* nos pomares de manga e uva, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE. Foto: Jadna Ferreira.

Após a quantificação das moscas-das-frutas, efetuou-se o cálculo do número de moscas capturadas por armadilha/dia, conforme a expressão abaixo (Equação 1).

$$MAD = \frac{M}{A \times D} \quad (1)$$

Onde:

M = número de moscas;

A = número de armadilhas no pomar;

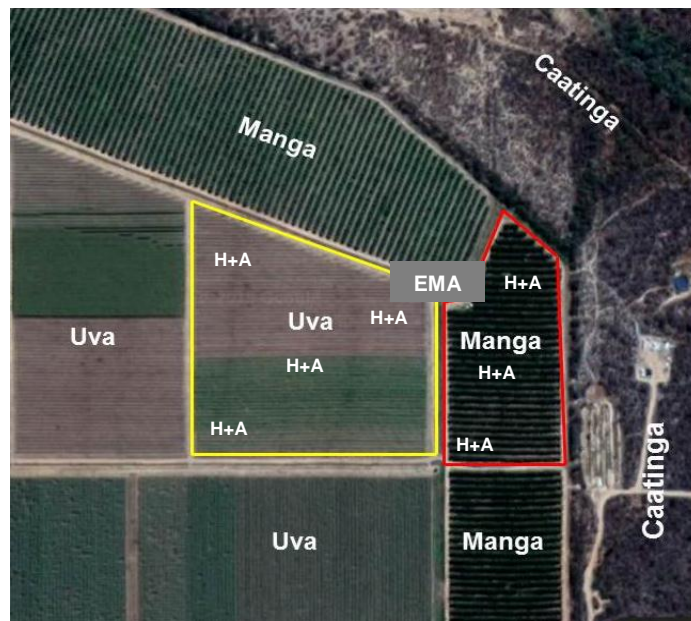
D = número de dias de exposição da armadilha.

Quando o MAD for igual ou superior a 0,25 é recomendado ao produtor adoção de medidas de controle da praga; quando o MAD for igual ou superior a 1, o produtor é impedido de exportar seus frutos devido as barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores. O MAD deve permanecer inferior a 1 na última semana antes da colheita segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

### 3.4. Medições Meteorológicas

Em cada pomar foram selecionadas três plantas ao acaso (localizada simetricamente ao longo da área), para a instalação do data logger (HOBO ware) utilizado para medir a temperatura (°C) e umidade relativa (%) a uma altura de 1,5 m do solo, com medições a cada 10 minutos e médias diárias a cada 1 hora (Figura 3). Além disso, foi instalada uma Estação Meteorológica Automática (EMA) para medir

os dados meteorológicos do ambiente externo entre os dois pomares com intervalo de medição a cada 1 minuto e médias diárias a cada 1 hora (Figura 4).



**Figura 4.** Localização dos Hobos e armadilhas (H + A) instaladas no interior da área de estudo, e da EMA instalada entre os dois pomares, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina-PE.

As variáveis meteorológicas obtidas pela EMA foram: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (%) – termohigrômetro, velocidade do vento ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) – anemômetro, e radiação solar global ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) – piranômetro, coletadas a cada 15 dias.



**Figura 5.** Data logger Hobo utilizado para medir a temperatura do ar e umidade relativa do ar no ambiente interno dos pomares de uva e manga, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE. Foto: Jadna Ferreira.



**Figura 6.** Estação Meteorológica Automática (EMA) instalada na área experimental, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE. Foto: Jadna Ferreira.

Os dados meteorológicos diários foram processados, gerando valores médios e a quantificação de *C. capitata* foi feita pelo somatório do número de mosca, ambos por coleta.

### **3.5. Processamento e análise dos dados**

#### **3.5.1. Correlação e regressão**

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) foi utilizado para correlacionar a quantidade de *C. capitata* capturada em cada cultura, as médias dos dados meteorológicos do ambiente interno e externo ao pomar. Este coeficiente pode variar entre -1 e 1, onde 1 significa uma correlação perfeita positiva entre duas variáveis; e -1 uma correlação perfeita negativa entre duas variáveis, ou seja, são inversamente proporcionais.

A interpretação dos resultados foi feita com base nos parâmetros adotados por Sampaio (2015) dispostos na tabela 1. Além disso, foi realizada a análise de regressão a fim de obter os valores do índice de determinação ( $R^2$ ) e testar a significância ( $P \leq 0,05$ ) de uma variável em relação à outra.

**Tabela 1.** Classificação do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Classe	r
Forte	> 0,71
Moderada	0,31 – 0,70
Fraca	0 – 0,30

Fonte: Sampaio (2015).

### 3.5.2. Modelagem matemática

Os modelos foram obtidos por meio da análise de regressão linear múltipla, associado ao uso de variáveis binárias (*Dummy*). Os dados utilizados foram:

- a. Variáveis meteorológicas – ambiente interno (somente as que apresentaram diferença estatística);
- b. Presença e ausência de frutos no pomar;
- c. Controle químico.

A presença e ausência de frutos no pomar foram registradas em planilha a cada coleta, e os dados de controle químico aplicado nos pomares foi disponibilizado pelo supervisor de campo da própria fazenda.

Os itens “b” e “c” foram representados pela variável “*dummy*”, com valores de 0 e 1 para ausência ou presença de frutos nos pomares de manga e uva, respectivamente. Para o controle químico os valores 0 e 1 indicam a intensidade do controle, fraco (apenas um produto químico) ou forte (dois produtos químicos).

Os modelos obtidos levaram em consideração os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, devido a influência que exercem sobre a população de pragas em relação as outras variáveis meteorológicas. Além disso, dados como a presença ou ausência de fruto no pomar, e os métodos de controle aplicados na área. Os dados meteorológicos utilizados foram os obtidos no ambiente interno dos pomares, visto que, as medidas internas expressam as condições reais de cultivo ideais para prever a população de *C. capitata* por meio da regressão linear multivariada utilizando a variável *dummy*.

Os modelos escolhidos foram aqueles que apresentaram significância a 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ ).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Comportamento das variáveis meteorológicas

De acordo com a tabela 2, pode-se observar pelos dados meteorológicos externo dos pomares, que a velocidade do vento foi o fator que houve maior variação ao longo do estudo, apresentando valor médio mínimo igual a  $0,76 \text{ m.s}^{-1}$  no mês de abril, valor médio máximo igual a  $1,43 \text{ m.s}^{-1}$  no mês de novembro e valor médio igual a  $1,13 \text{ m.s}^{-1}$ . No início do mês de dezembro registrou-se o menor valor médio de radiação solar global igual a  $314,22 \text{ W.m}^{-2}$ , o maior valor médio de radiação ocorreu no mês de setembro igual a  $494,51 \text{ W.m}^{-2}$  e a radiação média igual a  $416,69 \text{ W.m}^{-2}$ .

O índice que apresentou menor variação foi a temperatura do ar, com o menor valor médio igual a  $23,78 \text{ }^\circ\text{C}$  no mês de julho, e o maior valor médio igual a  $28,02 \text{ }^\circ\text{C}$  no mês de novembro e média igual a  $25,72^\circ\text{C}$ . A umidade relativa apresentou valor médio de  $63,80\%$  e variou de  $56,90\%$  a  $81,49\%$ , nos meses de setembro e dezembro, respectivamente (Tabela 2).

O comportamento das variáveis meteorológicas do ambiente interno do pomar não apresentou diferença significativa em relação as variáveis de temperatura ( $P = 0,09$ ) e umidade ( $P = 0,42$ ) do ambiente externo, para ambas as culturas.

Os valores médios de temperatura e umidade do ar no interior do pomar de uva variaram entre  $23,19$  a  $29,27 \text{ }^\circ\text{C}$  e de  $55,66$  a  $79,59\%$ , respectivamente, com valores médios de  $26,31 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $64,92\%$  (Tabela 2).

Coleta	Data	Ambiente Externo - EMA				Ambiente Interno - HOBO			
		Rg	V.vento	Tar	UR	Tu	URu	Tm	URm
1°	20-abr	388.67	0.76	25.26	77.54	27.55	69.94	25.22	74.13
2°	15-mai	372.13	1.01	25.48	70.80	25.84	70.75	25.36	70.00
3°	08-jun	367.08	1.02	25.35	67.92	25.10	68.84	25.47	65.62
4°	22-jun	347.72	1.15	24.45	67.70	24.90	68.56	24.57	64.36
5°	06-jul	392.36	1.15	24.29	62.65	24.92	63.28	24.51	60.64
6°	20-jul	389.06	1.05	23.78	63.46	23.19	66.62	23.76	63.48
7°	03-ago	412.28	1.23	24.04	62.82	24.44	64.05	24.14	63.19
8°	24-ago	450.40	1.11	24.90	60.83	25.09	63.35	25.18	60.89
9°	14-set	479.97	1.38	25.45	56.90	25.58	60.75	25.57	58.86
10°	28-set	494.51	1.38	27.12	55.10	27.33	58.27	27.40	56.68

11°	23-out	477.13	1.15	27.13	60.59	27.62	62.87	27.46	60.92
12°	09-nov	461.03	1.12	27.90	58.91	27.32	56.58	26.78	58.30
13°	30-nov	413.45	1.43	28.02	55.32	29.27	55.66	28.44	58.35
14°	11-dez	314.22	0.84	25.27	81.49	26.91	79.59	27.02	71.92
15°	21-dez	444.51	1.07	25.54	65.96	27.32	65.98	26.46	65.91

**Tabela 2.** Média por coleta dos dados meteorológicos obtidos diariamente ao longo do experimento durante o período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina (PE). As variáveis estudadas foram: radiação solar global ( $R_g \text{ W.m}^{-2}$ ), velocidade do vento ( $V_{\text{vento}} \text{ m.s}^{-1}$ ), temperatura média do ar – ambiente externo ( $T_{\text{ar}} \text{ }^\circ\text{C}$ ), umidade relativa do ar – ambiente externo (UR%), temperatura média do ar – ambiente interno do pomar de uva ( $T_u \text{ }^\circ\text{C}$ ), umidade relativa do ar – ambiente interno do pomar de uva (URu%), temperatura média do ar – ambiente interno do pomar de manga ( $T_m \text{ }^\circ\text{C}$ ), umidade relativa do ar – ambiente interno do pomar de manga (URm%).

Em relação a variação térmica do ambiente interno ao externo, a menor temperatura média do ar obtida no interior do pomar de uva foi inferior a temperatura do ar obtida no ambiente externo (variação igual a  $0,6^\circ\text{C}$ ) ambas ocorreram no mês de julho. Já o maior valor de temperatura média do ar registrada no interior do pomar de uva foi superior a temperatura média do ar encontrada no ambiente externo (variação igual a  $1,3^\circ\text{C}$ ) ambas no mês de novembro. Em geral, a temperatura média do ar do ambiente interno manteve - se superior em relação a temperatura do ambiente externo, visto que o sistema de cultivo em latada promove uma maior retenção de calor no interior do pomar.

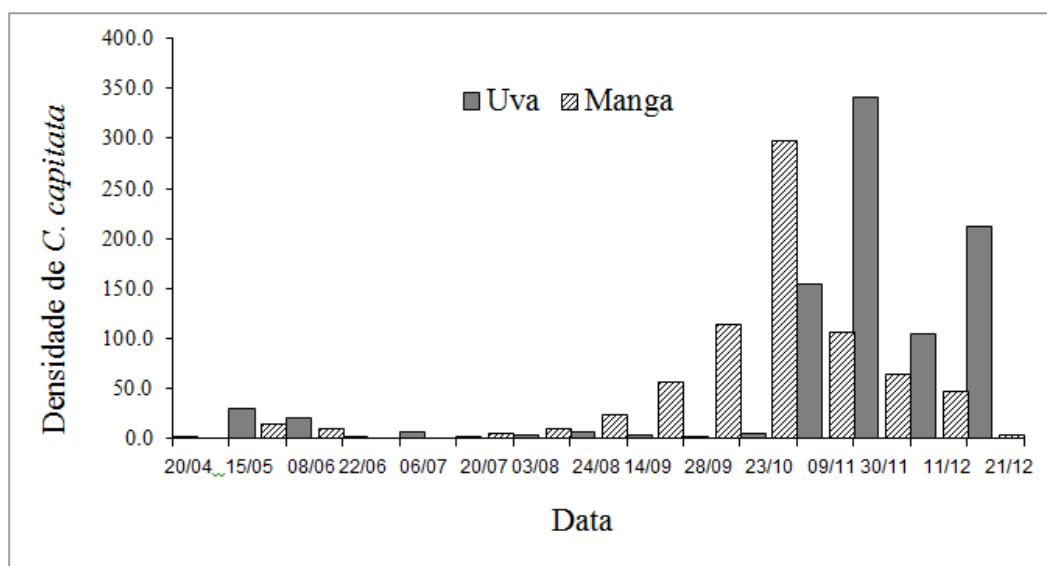
O valor médio da umidade relativa do ar registrada no ambiente interno foi superior a umidade do ar do ambiente externo (variação igual a 1,2%). Dado que, existe um do sistema de irrigação localizada no interior do pomar com turno de rega diário mantendo a umidade do ar mais elevada em relação a umidade do ar externo.

Embora, não haja diferença significativa entre os dados dos ambientes internos e externos, os valores médios das duas variáveis ( $T^\circ\text{C}$  e UR%) no pomar de uva foram superiores aos registrados pela estação durante todo o experimento.

A temperatura do ar no interior do pomar de manga variou entre  $23,76^\circ\text{C}$  a  $28,44^\circ\text{C}$ , com média igual a  $25,96^\circ\text{C}$ . A umidade relativa do ar no interior do pomar variou entre 56,68 a 74,13 %, com média igual a 63,50% (Tabela 2). Os valores dos dados meteorológicos obtidos no ambiente interno no pomar de manga foram semelhantes aos obtidos no ambiente externo. Devido a menor distância da EMA ao pomar de manga com relação ao pomar de uva; além disso, a manga é considerada uma espécie arbórea, o que favorece a entrada de radiação promovendo o aumento de temperatura do ar e a evaporação de água do solo pelo sistema de cultivo aberto em relação ao sistema de cultivo da uva.

#### 4.2. Flutuação populacional de *C. capitata*

Entre as coletas 1 (20/04) e 11 (23/10) na cultura da uva a flutuação populacional manteve-se baixa, inferior a 50 moscas capturadas e com o MAD < 0,5. Nas coletas 12 (09/11), 13 (30/11), 14 (11/12) e 15 (21/12) houve uma variação entre 104,5 a 341,5 moscas capturadas no pomar de uva, com o MAD > 1. Ou seja, os meses que apresentaram maior número de moscas capturadas foram novembro e dezembro, e, portanto, ficaram impedidos de exportar seus frutos (Figura 10).



**Figura 7.** Flutuação populacional de *Ceratitis capitata* capturadas em armadilhas Jackson em pomar de uva e manga no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE.

A flutuação populacional no pomar de manga manteve-se inferior a 50 moscas capturadas entre as coletas 1 (20/04) e 8 (24/08), com o MAD < 0,5. Baixas densidades de moscas-das-frutas nos pomares podem estar relacionadas ao controle cultural, como a eliminação de frutos caídos no solo (AZEVEDO, 2010). Uma vez que, a presença de frutos caídos no solo torna-se foco de infestação para a praga, visto que a mosca utiliza a polpa do fruto para completar seu desenvolvimento larval, logo é uma prática bastante realizada a fim de reduzir a população de tefritídeos.

Observa-se que nos meses de setembro, outubro e novembro apresentaram os maiores valores de moscas capturadas, variando de 56,33 a 297,33 e MAD > 1,



consideradas impróprias para exportação. Já na coleta 14 ( $MAD < 1$ ) e 15 ( $MAD < 0,05$ ) o número de moscas reduziu bruscamente em relação as coletas anteriores, com valor igual a 47,67 e 3,50, respectivamente (Figura 10). Isso ocorreu devido a ausência de fruto no pomar nas duas ultimas coletas, uma vez que a disponibilidade de hospedeiro é o fator mais importantes para a ocorrência da praga.

Em geral, o valor médio capturado no pomar de uva foi maior do que o número de moscas capturadas no pomar de manga. Por essa razão, entende-se que houve uma maior eficiência no controle da praga no pomar de manga em relação ao de uva. Outro fator importante é a presença de áreas cultivadas circunvizinhas ao pomar de uva, enquanto que no pomar de manga metade da área circunvizinha é composta pela vegetação nativa (Figura 2). Ou seja, existe uma maior probabilidade de migração da praga de um pomar comercial para o outro em relação ao pomar de uva estudado, do que em relação ao pomar de manga, já que boa parte da vegetação é composta pela caatinga.

Resultados semelhantes foram encontrados por Feitosa et al. (2008) e Souza (2016), em um pomar de manga no município José de Freitas, PI, e na região semiárida do Rio Grande do Norte, respectivamente, observaram que os maiores picos de moscas-das-frutas ocorreram no segundo semestre do ano, nos meses de agosto e novembro.

#### **4.3. Correlação entre a flutuação populacional com os dados meteorológicos**

A temperatura média do ar foi a única varável que apresentou correlação positiva e significativa para ambas as culturas. Para os dados de temperatura do ar no ambiente externo, houve correlação positiva e moderada tanto para a uva ( $r = 0,58$ ;  $P < 0,05$ ) quanto para a manga ( $r = 0,65$ ;  $P < 0,05$ ) (Tabela 2).

O mesmo ocorreu para a temperatura do ar do ambiente interno, em que a uva apresentou correlação moderada igual a 0,66 ( $P < 0,01$ ) e a manga apresentou correlação moderada igual a 0,62 ( $P < 0,05$ ) (Tabela 2). Como não houve diferença significativa entre os dados de temperatura e umidade do ar, entre os ambientes interno e externo, o comportamento das variáveis foram semelhantes.

A velocidade do vento apresentou correlação fraca positiva ( $P > 0,05$ ) tanto para a manga ( $r = 0,26$ ) quanto para a uva ( $r = 0,22$ ) (Tabela 2). Embora não tenha

sido significativa, a velocidade do vento atua na dispersão passiva dessa praga a uma altura de até 10 m (SILVA, 2007).

**Tabela 2.** Correlação de Pearson entre os fatores climáticos e o número de moscas capturadas em pomares comerciais de mangueira e videira no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina - PE.

Ambiente Externo - EMA												
Variáveis Pomar	T (°C)			UR (%)			Rg (W.m <sup>-2</sup> )			V.v (m.s <sup>-1</sup> )		
	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P
Uva	0,58	0,33	0,03*	- 0,16	0,01	0,73 <sup>ns</sup>	0,02	0,00	0,9 <sup>ns</sup>	0,22	0,03	0,56 <sup>ns</sup>
Manga	0,65	0,42	0,01**	- 0,36	0,10	0,25 <sup>ns</sup>	0,55	0,29	0,04*	0,26	0,04	0,47 <sup>ns</sup>

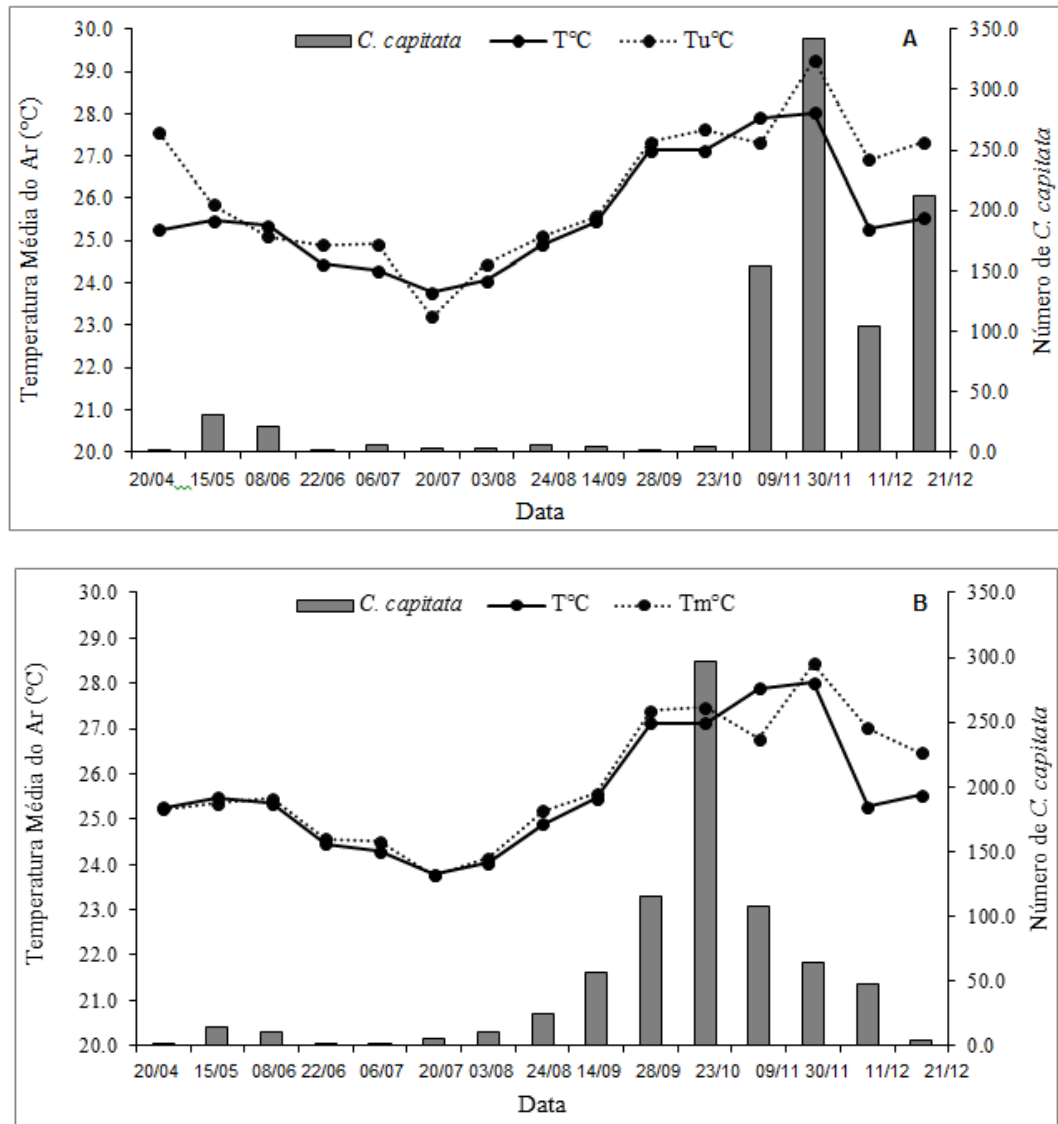
  

Ambiente Interno - HOBO						
Variáveis Pomar	T (°C)			UR (%)		
	r	R <sup>2</sup>	P	r	R <sup>2</sup>	P
Uva	0,66	0,53	0,002**	- 0,29	0,07	0,36 <sup>ns</sup>
Manga	0,62	0,37	0,02*	-0,40	0,13	0,19 <sup>ns</sup>

r – Coeficiente de correlação de Pearson; R<sup>2</sup> - Índice de determinação; P – Probabilidade; ns – Não significativo; \*P ≤ 0,05; \*\*P ≤ 0,01

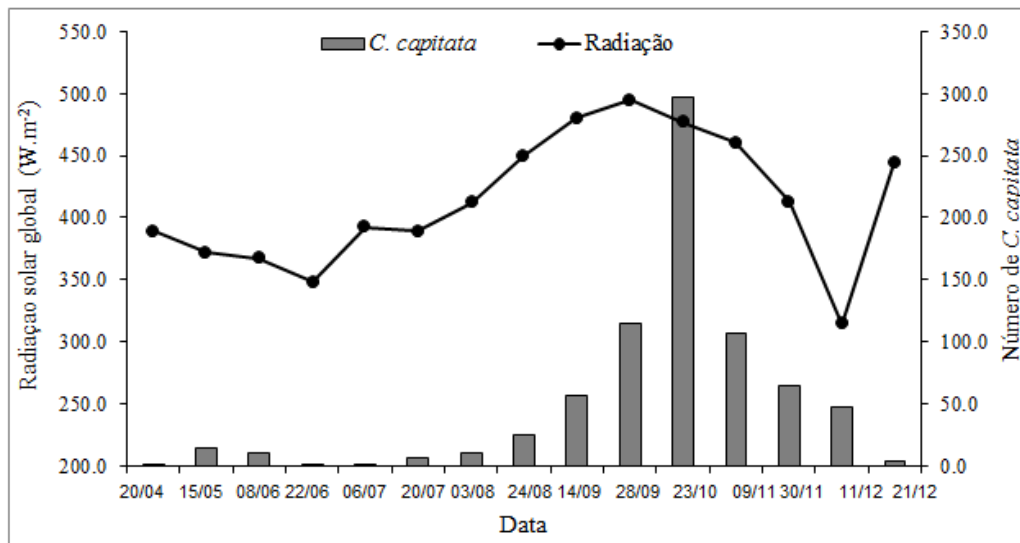
Os maiores números de moscas da espécie *C. capitata* foram capturadas nas épocas em que as temperaturas estavam mais elevadas, e os menores números de moscas capturadas foram nos meses com menores temperaturas do ar, para as duas culturas (Figura 11). Corroborando com o estudo feito por Calore et al., (2013) onde constatou correlação positiva ( $r = 0,51$ ) para a flutuação populacional de moscas-das-frutas (*Anastrepha*) e a temperatura média do ar, verificado também que altas temperaturas favorecem o crescimento populacional dessa praga. Uma vez que, temperaturas mais elevadas reduzem o ciclo de desenvolvimento na fase larval até a fase adulta.

Estudos realizados por Silva (2013) em pomares de goiabeira no Piauí mostram que a correlação entre a temperatura média do ar (28,57°C) e ocorrência de mosca-das-frutas do gênero *Anastrepha* foi fraca e não significativa, ou seja, na cultura da goiaba a temperatura não exerce influência sobre a flutuação populacional da praga. Feitosa (2008), não encontrou correlação ( $r = -0,07$ ) em pomar de manga entre a temperatura média do ar (28,10) com a flutuação populacional de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* e do gênero *Ceratitis*.



**Figura 11.** Flutuação populacional de *C. capitata* correlacionadas com a temperatura média do ar (°C) no interior dos pomares de uva (A) e manga (B), no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina, PE.

Não houve correlação significativa entre a variável radiação solar global (ambiente externo) com a flutuação populacional de *C. capitata* para a uva ( $r = 0,02$ ;  $P > 0,05$ ). Já na cultura da manga, houve correlação positiva e moderada ( $r = 0,55$ ;  $P < 0,05$ ), significativa a 5% de probabilidade (Tabela 2). A maior ocorrência de mosca no pomar de manga foi devido a infiltração dos raios solares promovendo o aumento na temperatura do ar, esse comportamento pode ser observado na figura 12.



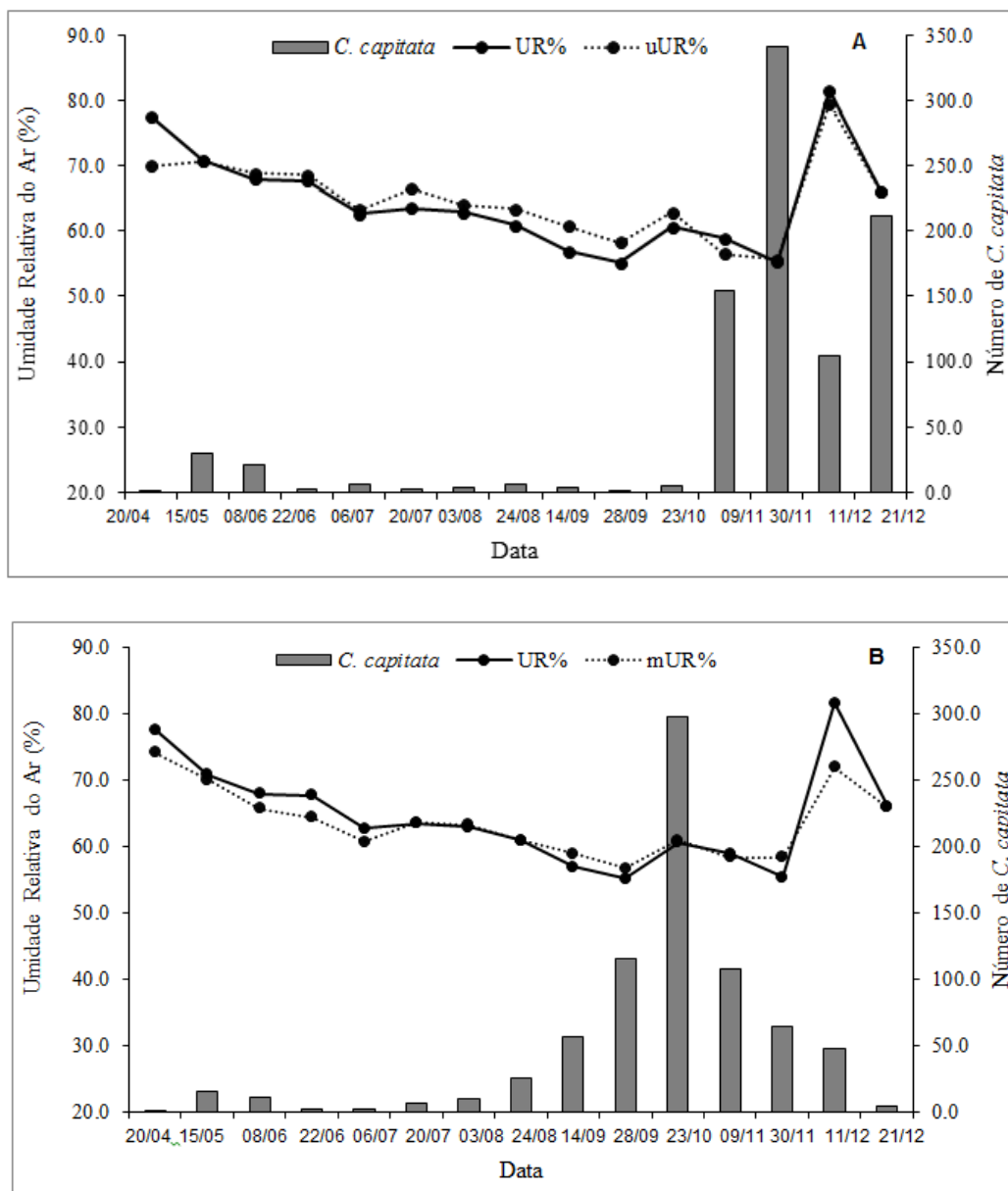
**Figura 12.** Flutuação populacional de *C. capitata* correlacionadas com radiação solar global (W.m<sup>-2</sup>) do ambiente externo ao pomar de manga, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina, PE.

Embora a correlação entre a umidade relativa do ar (UR%) externo com a flutuação populacional tenha tido correlação negativa fraca e não significativa para a manga ( $r = -0,16$ ;  $P > 0,05$ ) e uva ( $r = -0,22$ ;  $P > 0,05$ ); a correlação entre a umidade relativa do ar interna dos pomares foi maior em relação aos obtidos no ambiente externo. Entretanto, para a uva a correlação do ambiente interno permaneceu negativa e fraca ( $r = -0,22$ ;  $P > 0,05$ ), já na cultura da manga a correlação do ambiente interno foi negativa e moderada ( $r = -0,40$ ;  $P > 0,05$ ) (Tabela 2). Dados obtidos por Lemos (2012) em cultivo de goiabeira também não houve correlação significativa entre as variáveis citadas.

Na figura 13 (A) pode-se visualizar que, o menor valor de umidade relativa do ar (55,66%) proporcionou um aumento no número de moscas capturadas no pomar de uva (coleta 13). Entretanto, foi a coleta que apresentou temperatura média do ar (°C) mais elevada ao longo do experimento (29,27°C), influenciando diretamente na redução do ciclo de desenvolvimento da praga (RICALDE, 2010). Na manga o comportamento foi o mesmo, os menores valores de umidade relativa do ar associados com os maiores valores de temperatura média do ar proporcionando um aumento no número de moscas. Já nas coletas 1, 2 e 14 foram registrados os maiores valores de umidade relativa do ar na manga e na uva, e menor número de

moscas capturadas nos pomares. Ou seja, umidade acima de 70% promoveu a redução no número de moscas nas duas culturas.

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho realizado por Souza (2016) em pomar de mangueira, no município de Afonso Bezerra (RN), onde houve correlação negativa moderada ( $r = -0,69$ ;  $P < 0,05$ ) entre a umidade e a flutuação populacional de moscas. Feitosa et al., (2008) também encontrou correlação negativa e moderada para a variável umidade relativa do ar ( $r = -0,54$ ) na cultura da manga.



**Figura 13.** Flutuação populacional de *C. capitata* correlacionadas com a umidade relativa do ar (UR%) do ambiente externo com a umidade relativa do ar no ambiente interno no pomar

de uva (uUR%) (A) e manga (mUR%) (B), no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina, PE.

A umidade relativa do ar pode influenciar o ciclo biológico da praga em diversos pomares, contudo, o estudo sobre essa influência ainda é escasso, principalmente em cultivo de videiras. Além disso, o baixo número de moscas capturadas entre as coletas 1 e 11 podem estar relacionadas com os métodos de controle adotados pela fazenda.

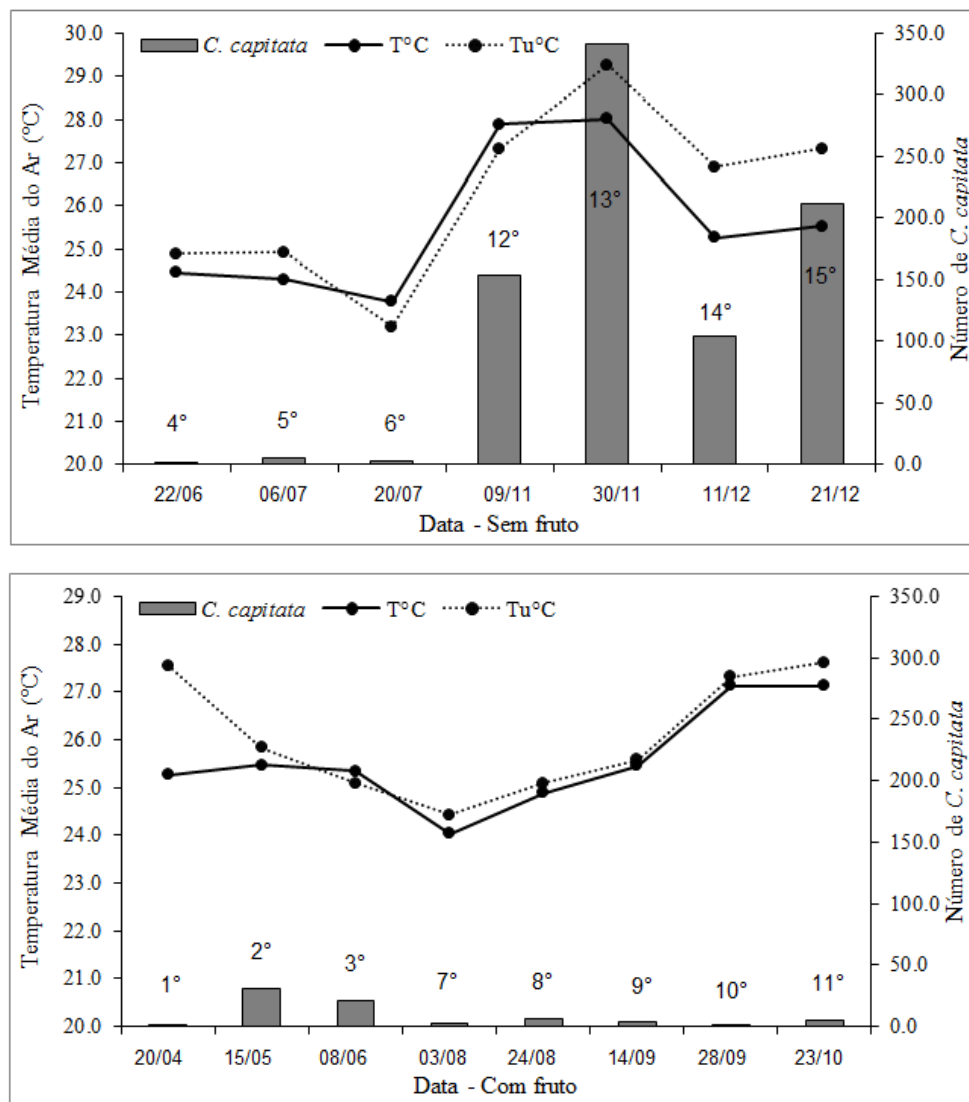
#### **4.4. *Correlação entre a temperatura e o número de moscas capturadas na presença e ausência de fruto***

De fato, a temperatura média do ar foi a variável que apresentou maior influência na densidade populacional de moscas para ambas as culturas, no entanto, a presença de frutos e a adoção de técnicas de controle também são fatores determinantes para a variação dessa praga no pomar. Dessa forma, avaliamos separadamente as coletas em relação a disponibilidade de frutos nos pomares.

Na cultura da uva, a maior correlação foi encontrada nas épocas em que não havia frutos no pomar, apresentando correlação forte e positiva para a temperatura média do ar do ambiente externo e no ambiente interno igual a 0,84 e 0,93 respectivamente (Figura 14). Nas coletas que havia frutos no pomar a correlação foi fraca e negativa, com valores iguais a -0,11 (externo) e -0,30 (interno).

A correlação obtida no ambiente externo do pomar de manga nas coletas sem frutos foi fraca positiva igual a 0,20 e no ambiente interno foi forte positivo igual a 0,72, esse comportamento pode ser observado na figura 15.

A temperatura registrada no interior do pomar apresentou maior correlação com o número de *C. capitata* em relação a temperatura registrada no ambiente externo, na ausência de frutos no pomar. Já na coleta em que havia frutos no pomar de manga, a correlação obtida foi moderada positiva para as duas temperaturas registradas, igual a 0,63 (externo) e 0,65 (interno), sendo a maior correlação obtida nas épocas em que não havia frutos.

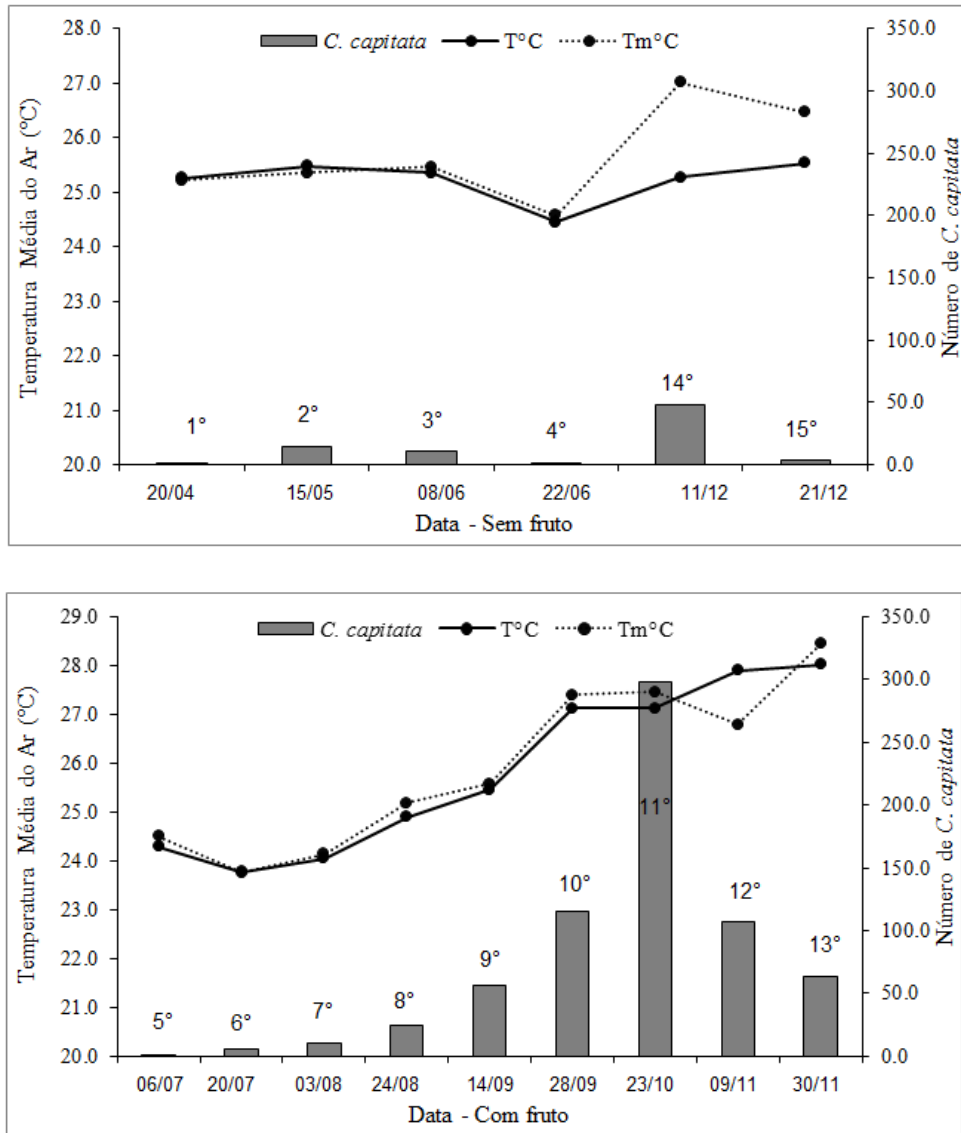


**Figura 84.** Flutuação populacional de *C. capitata* correlacionadas com a Temperatura externa (T°C) e com a Temperatura interna no pomar de uva (Tu°C) sem fruto e com fruto, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina, PE.

Na manga os maiores valores de moscas capturas foram nas coletas com frutos, e na uva foram nas coletas sem frutos. Ou seja, por apresentar um valor econômico maior que o da manga, os cuidados são maiores, sendo assim a cultura da uva obteve os menores valores de mosca mesmo havendo fruto no pomar, isso pode ter ocorrido devido ao controle adotado (químico e cultura) pela fazenda, já que a temperatura não teve uma alta correlação nessa época.

Mesmo não havendo fruto nos pomares, a relação entre temperatura média do ar e moscas capturadas foi significativo, indicando que a variável em questão influencia diretamente na dinâmica populacional da mosca, principalmente na cultura da uva, como pode ser observado na figura 15. Altas temperaturas promovem a

redução no ciclo de vida dos insetos, crescimento ou alguma alteração nas atividades metabólicas (KHALIQ et al., 2014).



**Figura 15.** Flutuação populacional de *C. capitata* correlacionadas com a Temperatura externa (T°C) e com a Temperatura interna no pomar de manga (Tm°C) sem fruto e com fruto, no período de abril a dezembro de 2018, em Petrolina, PE.

Entretanto, a forma da condução da cultura pode diversificar o ambiente favorecendo a presença dos insetos-praga e seus inimigos naturais, dessa forma é necessário avaliar mais parâmetros (tipos de controle, fase fenológica da cultura, ciclo de vida da praga no ambiente semiárido, inimigos naturais, preferência alimentar) para melhorar a compreensão desse comportamento.



#### 4.5. Modelagem matemática utilizando a variável “dummy”

A cultura da manga gerou 22 modelos, no qual 16 modelos apresentaram significância, e o escolhido foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação igual a 79,58 ( $R^2$ ) e o ajustado igual a 0,64 ( $\bar{R}$ ), como pode-se observar na tabela 3.

A simulação dos modelos levaram em conta todos os parâmetros (Temperatura e umidade relativa do ar, controle químico e presença de fruto) disponíveis, a fim de avaliar a influência desses fatores quando estão atuando de forma conjunta no referido pomar. Após a confecção dos modelos, verificou-se que alguns parâmetros não apresentaram significância quando associado aos outros, dessa forma os que não foram significativos puderam ser descartados para melhorar a predição do modelo.

Os parâmetros meteorológicos ( $^{\circ}\text{C}$ , %), controle cultural (Cc) e fruto (F) não foram significativos dentro do modelo escolhido para a cultura da manga. Apenas o controle com o produto A (Ca) e o controle + pulverização (Cb) foram significativos dentro do modelo. Podendo inferir que, somente o controle exerceu influência sobre a população e *C.capitata* na cultura da manga.

**Tabela 3.** Modelos matemáticos e seus coeficientes gerados a partir de dados de temperatura (%), umidade relativa (%), Fruto (F), controle (C), controle com produto A (Ca), controle + pulverização (Cb), controle cultural (C), no pomar de manga.

Modelo	Intercepto	$^{\circ}\text{C}$	%	C	Ca	Cb	Cc	F	$R^2$	P
M x C	16,01	-	-	104,18	-	-	-	-	42,48	0,0085
M x Tar x C	-431,51	17,24	-	93,10	-	-	-	-	54,56	0,0088
M x UR% x C	5,92	-	0,14	105,22	-	-	-	-	42,49	0,0362
M x UR% x Tar x C	-539,74	18,10	1,27	101,44	-	-	-	-	55,25	0,0267
M x C x F	13,13	-	-	99,86	-	-	-	7,19	42,62	0,0357
M x Tar x C x F	-472,95	18,50	-	78,94	-	-	-	22,24	55,89	0,0247
M x UR% x Tar x C x F	-1045,99	25,19	5,62	82,84	-	-	-	73,89	62,00	0,0325
M x Ca x Cb	21,30	-	-	-	120,05	-52,89	-	-	49,38	0,0168
M x UR% x Ca x Cb	97,69	-	-1,12	-	113,53	-57,35	-	-	49,88	0,0479
M x Tar x Ca x Cb	-462,71	18,68	-	-	110,24	-60,23	-	-	63,42	0,0093
M x UR% x Tar x Ca x Cb	-460,05	18,66	-0,03	-	110,07	-60,35	-	-	63,42	0,0273
M x Ca x Cb x F	13,13	-	-	-	108,74	-59,17	-	21,98	50,64	0,0443
M x Tar x Ca x Cb x F	-549,81	21,42	-	-	86,68	-73,60	-	43,02	67,96	0,0148
M x UR% x Tar x Ca x Cb x F	-1040,38	27,02	4,86	-	89,55	-68,94	-	86,36	72,48	0,0213
<b>M x UR% x Tar x Ca x Cb x Cc x F</b>	<b>-631,77</b>	<b>4,92</b>	<b>7,30</b>	-	<b>190,98</b>	<b>-142,78</b>	<b>241,61</b>	<b>46,44</b>	<b>79,58</b>	<b>0,02</b>
M x Tar x Ca x Cb x Cc	-120,31	5,12	-	-	153,07	-121,86	156,23	-	70,76	0,01

Dos 22 modelos gerados para a uva, 14 foram significativos e seguindo o mesmo quesito na cultura da manga, o escolhido foi o que apresentou o maior coeficiente de determinação igual a 87,01 ( $R^2$ ) e o ajustado igual a 79,79 ( $\bar{R}^2$ ) utilizando todos os parâmetros, exceto o controle (C). As variáveis temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e fruto (F) foram as únicas significativas dentro do modelo proposto; já a umidade (%), o controle com o produto A (Ca) e o controle + pulverização (Cb), não foram significativos. Esses foram descartados com o objetivo de melhorar a predição do modelo (Tabela 4).

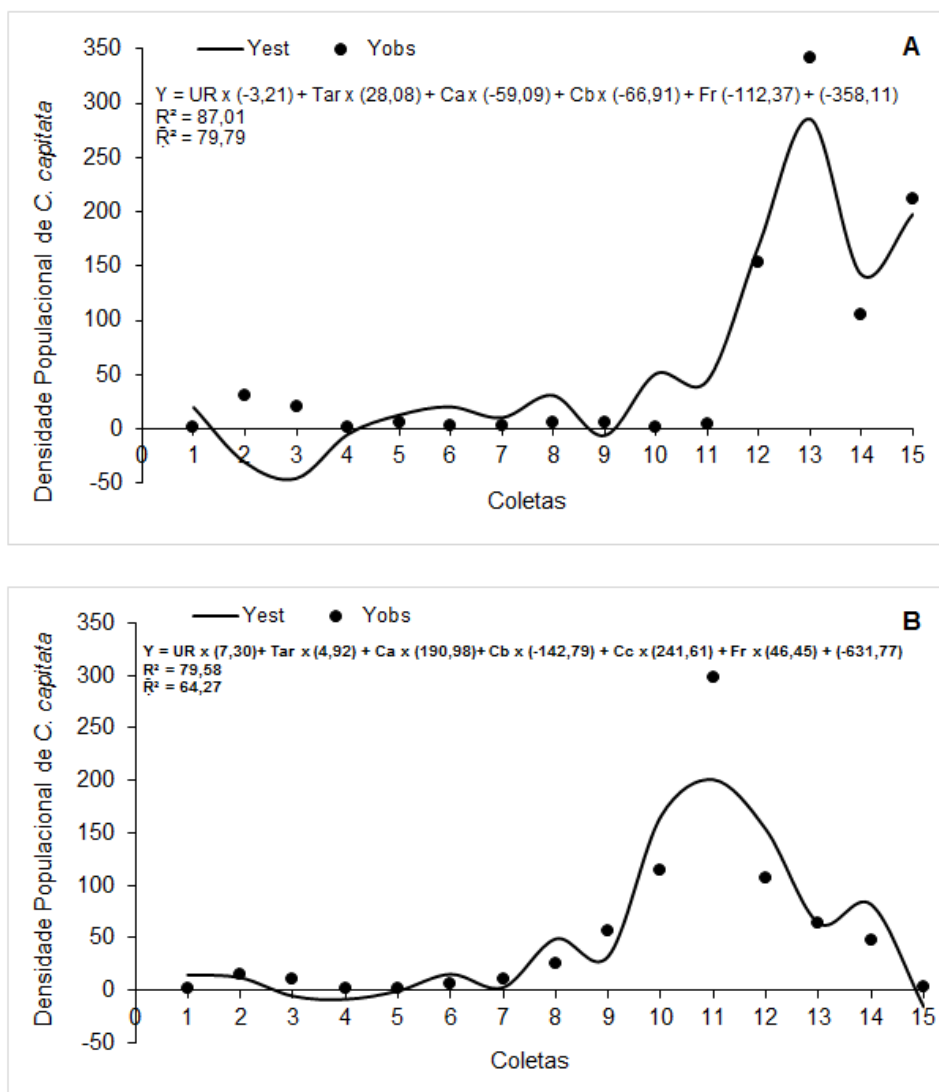
Tanto a temperatura do ar quanto a presença de fruto no pomar influenciam diretamente na dinâmica populacional de *C. capitata* na cultura da uva. Isso ocorre devido a presença de hospedeiro disponível para completar o ciclo de vida da praga, além de proporcionar o microclima ideal para a sua ocorrência. Trabalho realizado por Calore et al. (2013), indica que existe uma correlação entre as temperaturas (mínima, média e máxima) e o crescimento populacional de moscas, sendo favorecido por temperaturas mais elevadas, corroborando com os resultados mostrados anteriormente na figura 14.

**Tabela 4.** Modelos matemáticos e seus coeficientes gerados a partir de dados de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa (%), Fruto (F), controle (C), controle com produto A (Ca), controle + pulverização (Cb), no pomar de Uva.

Modelo	Intercepto	$^{\circ}\text{C}$	%	C	Ca	Cb	F	$R^2$	P
M x C	133,33	-	-	-110,58	-	-	-	28,26	0,0414
M x Tar x C	-844,76	36,76	-	-85,88	-	-	-	60,55	0,0038
M x UR% x C	498,19	-	-5,55	-116,57	-	-	-	39,59	0,0486
M x UR% x Tar x C	-552,55	33,21	-3,01	-91,51	-	-	-	63,29	0,0091
M x C x F	170,14	-	-	-92,17	-	-	-92,03	49,40	0,0168
M x UR% x C x F	541,09	-	-5,63	-98,10	-	-	-92,82	61,09	0,0129
M x Tar x C x F	-789,98	36,04	-	-68,51	-	-	-89,26	80,42	0,0003
M x UR% x Tar x C x F	-482,36	32,31	-3,16	-74,29	-	-	-89,99	83,78	0,0006
M x Tar x Ca x Cb	-884,16	38,24	-	-	-89,71	25,29	-	61,15	0,0127
M x UR% x Tar x Ca x Cb	-589,68	34,68	-3,03	-	-95,44	25,56	-	64,25	0,0246
M x Ca x Cb x F	186,50	-	-	-	-59,08	-123,41	-132,91	61,94	0,0114
M x UR% x Ca x Cb F	523,80	-	-5,14	-	-67,22	-113,21	-130,23	71,61	0,0084
M x Tar x Ca x Cb x F	-670,49	31,88	-	-	-53,33	-66,46	-111,48	83,56	0,0006
<b>M x UR% x Tar x Ca x Cb x F</b>	<b>-358,11</b>	<b>28,08</b>	<b>-3,20</b>	<b>-</b>	<b>-59,09</b>	<b>-66,90</b>	<b>-112,36</b>	<b>87,01</b>	<b>0,0009</b>

Os gráficos 16 (A e B) e 17 (A e B) mostram o comportamento dos modelos escolhidos para as duas culturas com todos os parâmetros utilizados e sem os parâmetros que não apresentaram significância, respectivamente.

O comportamento obtido pelo Y estimado (número de moscas estimadas pelo modelo) assemelha-se com o Y observado (número real de moscas capturadas) durante todo experimento e em ambas as culturas, considerando a simulação de interação entre todos os fatores de campo e meteorológicos. Existe uma limitação matemática do modelo quando o Y estimado apresenta valores negativos, isso pode ser ajustado com base no estudo de outros fatores intrínsecos ao sistema, como a utilização da variável *dummy* (Figura 16).



**Figura 96.** Representação gráfica do modelo utilizado para estimar o número de *C. capitata* no pomar de uva (A) e de manga (B) com base nos dados meteorológicos e de campo fornecidos pela fazenda A, no período de abril a dezembro, em Petrolina-PE.

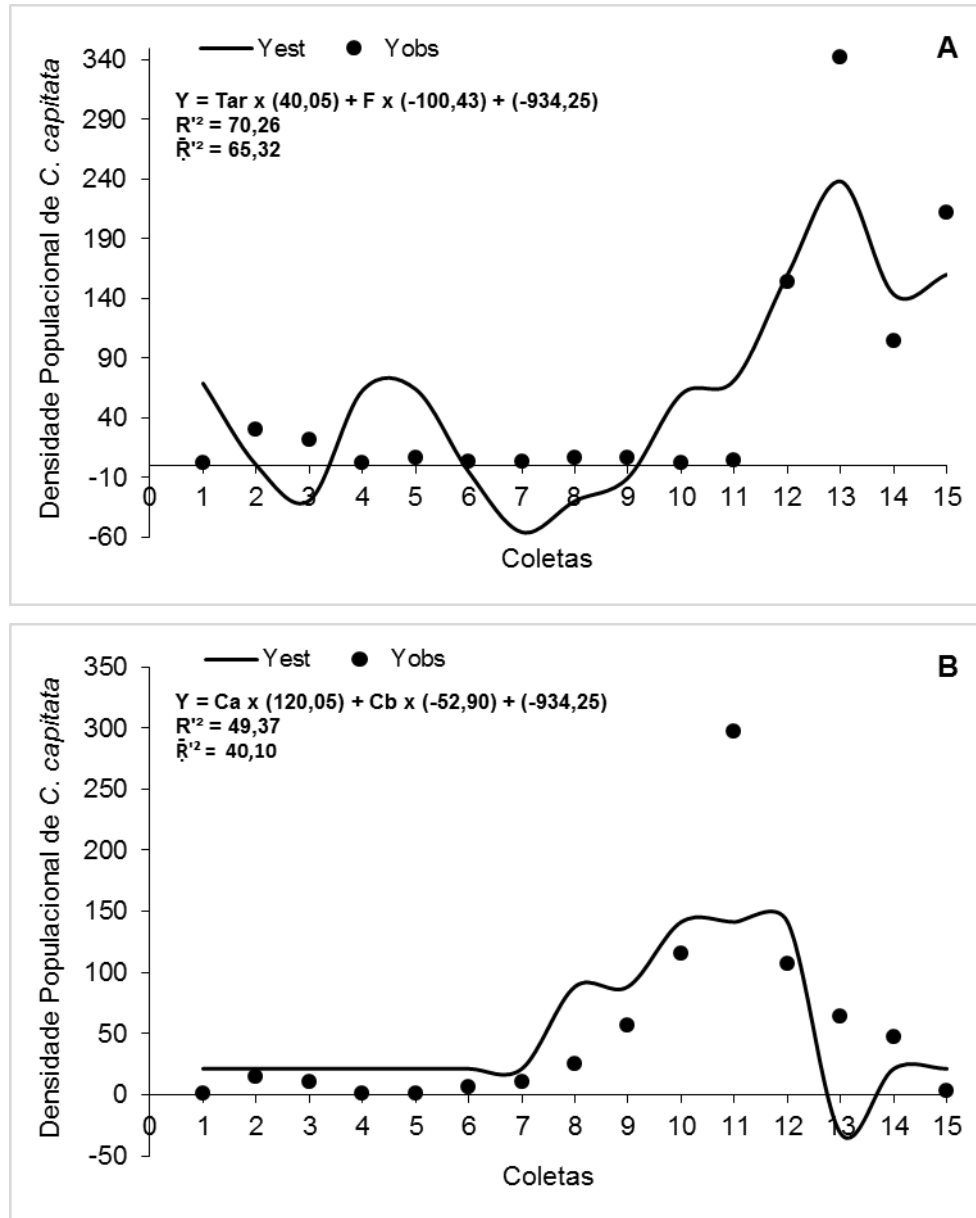
Outro ponto importante para verificar o nível de confiança do modelo é pela diferença entre o  $R^2$  e o  $\bar{R}^2$ , admitindo um valor de até 10% de diferença entre os dois coeficientes, ou seja, quanto mais próximo de 10% menos realista é o modelo (FRAGOSO JÚNIOR et al., 2009).

Na cultura da uva a diferença entre o  $R^2$  e o  $\bar{R}^2$  foi igual a 0,08 ou seja, 8%. Entretanto, a diferença encontrada no modelo para a cultura da manga foi superior a 10%, igual a 0,15 ou 15%. Logo, o modelo que mais se aproxima do dado real foi o obtido para o pomar de uva (Figura 16).

A figura 17 mostra o comportamento dos modelos após a eliminação das variáveis que não apresentaram significância. Desta forma, foram gerados novos coeficientes de determinação e novos valores de Y estimado. Pode-se observar que, a semelhança entre os dados observados e os dados estimados manteve-se para a cultura da uva, no entanto, ocorreu uma redução no coeficiente de determinação ( $R'^2 = 70,26$  e  $\bar{R}'^2 = 65,32$ ). Em relação a redução do coeficiente de determinação, o mesmo ocorreu para a cultura da manga ( $R'^2 = 49,37$  e  $\bar{R}'^2 = 40,10$ ), no entanto o comportamento variou quando comparado ao primeiro modelo obtido, principalmente na coleta 11 (Figura 17 B).

Embora, o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) tenha reduzido quando comparado ao primeiro modelo, o valor do coeficiente de correlação ajustado ( $\bar{R}^2$ ) também reduziu. No entanto, a diferença entre o  $R^2$  e o  $\bar{R}^2$  foi menor que 10% nos dois pomares. Na uva a diferença foi igual a 0,05 ou 5% e manga a diferença foi igual a 0,08 ou 8%. Ou seja, o modelo foi melhorado após a eliminação dos parâmetros não significativos. Uma vez que na cultura da manga, o primeiro modelo indicou uma diferença de 15% e o segundo apenas de 8%, o mesmo ocorreu para a uva, tornado – o mais realista e confiável.

Dessa forma, foi possível estabelecer um modelo matemático com as variáveis estudadas que preveja o comportamento da densidade populacional de *C. capitata*. Esse modelo pode ser indicado ao produtor a necessidade de ajustes das estratégias de controle dessa praga nos pomares, além de prever o número de moscas utilizando dos dados meteorológicos.



**Figura 17.** Representação gráfica do modelo utilizado para estimar o número de *C. capitata* no pomar de uva (A) e de manga (B) com base nos dados meteorológicos e de campo fornecidos pela fazenda A, no período de abril a dezembro, em Petrolina-PE.

## 5. CONCLUSÃO

Em geral, os elementos meteorológicos estudados exerceram fraca correlação sobre a flutuação populacional de moscas-das-frutas da espécie *Ceratitis capitata* nos pomares de mangueira e videira no Vale do São Francisco. No entanto, a maior temperatura associada com a menor umidade favoreceu um aumento na densidade populacional de mosca-do-mediterrâneo em ambas as culturas. Além disso, umidades elevadas dificultam o surgimento da praga tanto na manga quanto na uva.

A temperatura é a única variável que exerce influência direta na densidade populacional de *C. capitata*, visto que, mesmo na ausência de frutos o crescimento da praga apresenta uma relação diretamente proporcional a temperatura média do ar, devido a sua alta correlação.

Embora exista uma escassez de trabalhos envolvendo a variável *dummy* na agricultura, com ênfase em pragas, o modelo mostrou um desempenho de predição satisfatório para estimar a população futura de *C. capitata* com base nos dados de campo.

Todavia, existem outros fatores não avaliados nesse artigo que podem atuar fortemente na flutuação populacional dessa praga, tais como a fase fenológica das culturas; migração de moscas de área circunvizinhas e a ação de inimigos naturais na redução da população de *C. capitata* nos pomares.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. de. **Distribuição diária do comportamento da mosca da fruta *Anastrepha zenilidae* Zucchi, (Diptera: Tephritidae) em laboratório.** Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 84 p. Natal, 2008.
- ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; REGINA, M. D. A.; ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, A. F. Origem e classificação botânica da videira. **Revista Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 19, n. 194, p. 5-8, 1998.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map of Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Germany, V. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. **The distribution and abundance of animals.** Chicago: Univ. Chicago Press, 1954.

- ARAÚJO, A. A. R. **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em frutíferas nativas no estado do Piauí**, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 88p., 2011.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Contexto, 2002.
- BRASIL. **Lei Complementar nº 113, de 19 de setembro de 2001**. Brasília: Diário Oficial, 2001.
- BRASIL. **Decreto nº 4.366, de 9 de setembro de 2002**. Brasília: Diário Oficial, 2002.
- CASE, T. J. **An Illustrated Guide to Theoretical Ecology**. Oxford University Press, 1999.
- ELTON, C. **Animal ecology**. London: Sidgwick and Jackson, 1927.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Requirements for the establishment of pest free areas (ISPM Nº 4)**. International Standards for Phytosanitary Measures. Rome, 1995. 40 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The Use of Integrated Measures in a Systems Approach for Pest Risk Management (ISPM Nº 14)**. International Standards for Phytosanitary Measures. Rome, 2002. 15 p.
- FRAGOSO JÚNIOR, C.R.; FERREIRA, T.F.; MARQUES, D.M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 978-85-86238-88-8, cap. 2, 2009.
- FEITOSA, S.S.; SILVA, P.R.R; PÁDUA, L.E.M.; CARVALHO, E.M.S.; PAZ, J.K.S.; PAIVA, D.R. Flutuação populacional de moscas-das-frutas (diptera: tephritidae) associadas a variedades de manga no município de José de Freitas- Piauí. **Rev. Bras. Frutic.** 30: 112-117, 2008.
- FONSECA, J.P.; AUTUORI, M. **Bichos dos frutos**. Biológico. São Paulo, v.2, n10, p.351-359, 1936.
- HILBORN, K.; MANGEL, M. Alternative views of the scientific method and modeling. In: **The ecological detective: Confronting models with data**. Princeton Press, 1997. Cap. 2, p. 12-39.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G.J. **Introdução a pesquisa operacional**. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- KHALIQ, A.; JAVED, M.; SOHAIL, M.; SAGHEER, M. Environmental effects on insects and their population dynamics. **Journal of Entomology and Zoology Studies**. Pakistan, 2014.

- KIST, B. B. et al. Anuário Brasileiro da Fruticultura 2018. **Santa Cruz do Sul: Gazeta**, p. 88, 2018.
- LEMOS, L. J. U. **Dinâmica populacional de espécies de Anastrepha Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) em pomares de goiaba (*Psidium guajava* L.) em duas localidades do estado de São Paulo**. Piracicaba, 64 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2012.
- MALAVASI, A.; NASCIMENTO, A. S.; CARVALHO, R. S. Moscas-das-frutas no MIPcitros. In: DONADIO, L. C.; GRAVENA, S. (Coords.). Manejo integrado de pragas dos citros. Campinas, Fundação Cargill, p. 211-231. 1994.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, DF.
- MARTINS, D. S. **Manejo integrado de moscas-das-frutas**. In: ZAMBOLIM, L.(Ed). **Manejo integrado de fruteiras tropicais: doenças e pragas**. Viçosa: UFV, 2002. p.615-647.
- MISSIO, F. e JACOBI, J. F. Variáveis dummy: especificações de modelos com parâmetros variáveis. **Ciência e Natura**, UFSM, 29(1): 111 - 135, 2007.
- MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. Dinâmica populacional e incidência de moscas-das-frutas e parasitoides em cultivares de pessegueiros (*Prunus persica* L. Batsch) no município de Presidente Prudente-SP. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 2, p. 402-411, Junho 2011.
- MOREIRA, A. N.; PARANHOS, B. J.; FARIA, C. M. B.; TERAPO, D.; SILVA, D. J.; BATISTA, D. C.; ANGELOTTI, F.; ALENCAR, J. A.; ANJOS, J. B.; OLIVEIRA, J. E. M.; ARAUJO, J. L. P.; CASTRO, J. M. C.; SOARES, J. M.; BASSOI, L. H.; MOURA, M. S. B.; CALGARO, M.; BRAGA, M. B.; BARBOSA, M. A. G.; LIMA, M. F.; LEAO, P. C. S.; SILVA, P. C. G.; CORREIA, R. C.; BORGES, R. M. E.; TAVARES, S. C. C. H.; ALBUQUERQUE, T. C. S.; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; SIMOES, W. L.; TEXEIRA, A. H. C.; PINTO, J. M.; LIMA, M. A. C. Cultivo da videira. **Sistemas de Produção Embrapa Informação Tecnológica. (Online)**, ed. 3, n. 2, ago. 2010. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.
- Moscamed 2012**. Linhas de ação. Disponível em: <[http://www.moscamed.org.br/2012/linhas\\_de\\_acao.php](http://www.moscamed.org.br/2012/linhas_de_acao.php)> Acesso em set. de 2019.
- MURTHY, D. N. P.; PAGE, N. W.; RODIN, E. Y. Mathematical modeling: a tool for solving in engineering, physical, biological, and social sciences. **Oxford: Pergamon**, 1992.
- NASCIMENTO, A.S.; ZUCCHI, R.A.; MORGANTE, J.S.; MALAVASE, A. Dinâmica populacional das moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no



Recôncavo Baiano II – Flutuação Populacional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 7, p. 96 -980, 1982.

OLIVEIRA, J.E.M., B.A.J. PARANHOS & A.N. MOREIRA. Pragas. In: **Cultivo da Mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção, 2ª ed. Versão eletrônica, 2010. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira\\_2ed/cultivares.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira_2ed/cultivares.htm)> Acesso em julho. de 2019.

Oliveira, J.J.D.; A.C.P. Rocha, E.S.; Almeida, C.H.F. Nogueira e E.L. Araujo. Espécies e flutuação populacional de moscas-das-frutas em um pomar comercial de mangueira, no litoral do estado do Ceará. **Rev. Caatinga** 22: 222-228; 2009.

OLIVEIRA, A. R.; PARANHOS, B. J.; TEXEIRA, A. H. C.; SANTOS, C. A. F.; SILVA, D. J.; FARIA, C. M. B.; BASTOS, D. C.; BATISTA, D. C.; LIMA NETO, F. P.; ANGELOTTI, F.; COSTA, J. G.; ALENCAR, J. A.; MOREIRA, A. N.; ANJOS, J. B.; OLIVEIRA, J. E. M.; CORREIA, R. C.; ARAUJO, J. L. P.; PINTO, J. M.; ASSIS, J. S.; BASSOI, L. H.; MOURA, M. S. B.; CALGARO, M.; BRAGA, M. B.; MOUCO, M. A. C.; SILVA, P. C. G.; TAVARES, S. C. C. H.; TERAPO, D.; CUNHA, T. J. F.; GIONGO, V.; SIMOES, W. L.; BARBOSA, M. A. G.; MOREIRA, F. R. B.; LIMA, J. R. F.; GAMA, F. C.; LIMA, T. C. C. Cultivo da mangueira. **Sistemas de Produção Embrapa Informação Tecnológica. (Online)**, ed. 3, n. 2, nov. 2015. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

ORLANDO, A.; SAMPAIO, A. S. “**Moscas das frutas**”. *Biológico*. São Paulo, v. 39, n.6, p.143-150, 1973.

PARANHOS, B. A. J.; NASCIMENTO, A. S.; BARBOSA, F. R.; VIANA, R.; SAMPAIO, R.; MALAVASI, A.; WALDER, J. M. M. Técnica do inseto estéril: nova tecnologia para combater a mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata*, no Submédio do Vale do São Francisco. **Comunicado Técnico Embrapa Semiárido. (Online)**, v. 137, p. 1-6, 2008.

PARANHOS, B. A. J.; LIMA, T. C. C.; GAMA, F. C. Controle de moscas-das-frutas no Vale do São Francisco. **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido. (Online)**, v. 111, p. 1-4, dez. 2013.

PIMENTEL, R.; LOPES, D. F. H.; MEXIA, A. M. M.; MUMFORD, J. D. Seasonality of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) on Terceira and São Jorge Islands, Azores, Portugal. **Journal of Insect Science**, v. 17, n. 1, p. 1-35, jan. 2017.

- SALLES, L.A.B. **Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana**. Pelotas: Embrapa, CPACT, 58 p. 1995.
- Salles, L.A.B. Biologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*, p. 81-86.. In A. Malavasi & R.A. Zucchi (eds), **Moscas-das-frutas de Importância Econômica no Brasil: Conhecimento Básico e Aplicado**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 327p; 2000.
- SAMPAIO, N. Aplicações da correlação e regressão linear. **Associação Educacional Dom Boco**, 2015.
- SILVA, J.W.P.; BENTO, J.M.S.; ZUCCHI, A.R. Olfactory response of three parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae) to volatiles of guavas infested or not with fruit fly larvae (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, San Diego, v. 41, p.304-311, 2007.
- SOUZA FILHO, M. F.; RAGA, A.; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas nos estados brasileiros. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto, SP, p. 277-283, 2000.
- Souza Filho, M.F.; V.A. Costa e W.C. Pazini. Manejo integrado de pragas na cultura da manga, p. 339-376. In D.E. Rozane, R.J. Darezzi, R.L. Aguiar, G.H.A. Aguilera & L. Zambolim (eds.), Manga: Produção integrada, industrialização e comercialização. Viçosa, UFV, 604p; 2004.
- SOUZA, M. M. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae): Espécies de importância, análise faunística e flutuação populacional. (**Dissertação de mestrado**). UFRPE, 2016.
- SUGAYAMA, R. L.; MALAVASI, A. Ecologia comportamental. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. Cap. 12. p. 103-108.
- WOOLDRIDGE, J. M. **“Introdução à econometria: uma abordagem moderna”**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. Capítulo 1 (1-17) e Capítulo 2 (pp.19-63).
- ZUCCHI, R.A. Espécies de *Anastrepha*, sinónimas, plantas hospedeiras e parasitoides. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Mosca-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto, SP, p. 277-283, 2000.
- Zucchi, R.A. **Fruit flies in Brazil: hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly**. Disponível em: <[www.esalq.usp.br/ceratitis/](http://www.esalq.usp.br/ceratitis/)> Acesso em ago. de 2019; 2012.

