



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido

PARASITISMO DE *Ceratitis capitata* POR *Diachasmimorpha longicaudata* E SUA DISPERSÃO EM CULTIVOS DE FRUTEIRAS NO SEMIÁRIDO

PATRÍCIA CRISTINA DO CARMO OLIVEIRA

2019

PATRÍCIA CRISTINA DO CARMO OLIVEIRA

**PARASITISMO DE *Ceratitis capitata* POR *Diachasmimorpha longicaudata* E SUA
DISPERSÃO EM CULTIVOS DE FRUTEIRAS NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

Orientadora
Profa. Dra. Clarice Diniz Alvarenga Corsato

JANAÚBA-MG
2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O48p Oliveira, Patrícia Cristina do Carmo
Parasitismo de *Ceratitis capitata* por *Diachasmimorpha longicaudata* e sua dispersão em cultivos de fruteiras no semiárido [manuscrito] / Patrícia Cristina do Carmo Oliveira. – 2019.
76 p.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019.

Orientadora: Prof^ª. D. Sc. Clarice Diniz Alvarenga Corsato.

1. Frutas Doenças e pragas. 2. Moscas-das-frutas Controle biológico. 3. Parasitismo. I. Corsato, Clarice Diniz Alvarenga. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 632.65774

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

PATRÍCIA CRISTINA DO CARMO OLIVEIRA

**PARASITISMO DE *Ceratitis capitata* POR *Diachasmimorpha longicaudata* E SUA
DISPERSÃO EM CULTIVOS DE FRUTEIRAS NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.

Profa. Dra. Clarice Diniz Alvarenga
Corsato
UNIMONTES (Orientadora)

Profa. Dra. Beatriz Aguiar Jordão
Paranhos
EMBRAPA (Coorientadora)

Profa. Dra. Teresinha Augusta Giustolin
UNIMONTES (Conselheira)

Prof. Dr. Ronaldo Reis Junior
UNIMONTES (Conselheiro)

Dra. Maria Gisely Camargos
UNIMONTES (Conselheira)

Prof. Dr. Victor Martins Maia
UNIMONTES (Conselheiro)

**JANAÚBA-MG
2019**

Aos meus pais, Manoel e Maria que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e da persistência.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha força, pois nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido (PPGPVS) da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/SEMIÁRIDO), pelo envolvimento e colaboração dos funcionários de diversos setores e por permitir o uso das suas instalações no decorrer da execução dos experimentos;

Aos proprietários, que cederam as áreas para a execução deste trabalho e aos funcionários, em especial, Ildeildo;

À minha orientadora, Profa. Dra. Clarice Diniz Alvarenga Corsato, por sempre ter acreditado no meu potencial, pela orientação, oportunidade de aprendizado e crescimento, paciência, incentivo e pela confiança depositada em mim durante toda a minha jornada acadêmica, desde a Graduação até o Doutorado;

À Dra. Beatriz A. Jordão Paranhos (Coorientadora), por todo o incentivo, amizade, ensinamentos e confiança depositada em mim durante todo o processo do Doutorado, além do grande exemplo de profissionalismo. Obrigada por tudo!

À Prof^ª. Dra. Teresinha Augusta Giustolin, por sempre me apoiar e pela valiosa colaboração dada aos trabalhos desenvolvidos desde a graduação;

Ao Prof. Dr. Ronaldo Reis, por realizar as análises e pelas suas valiosas sugestões. Sou imensamente grata;

Ao professor Victor Maia, pela participação e colaboração na revisão deste trabalho;

À Dra. Maria Gisely Camargos, pela amizade, conselhos, participação e colaboração na revisão deste trabalho;

Aos meus pais, Manoel Antônio de Oliveira e Maria do Carmo Oliveira, por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida, pelo amor, compreensão, confiança e dedicação. A vocês, o reconhecimento de minha eterna gratidão e amor;

Aos meus irmãos, Graciela e Ednaldo, por estarem sempre ao meu lado, por me apoiarem financeiramente em muitos momentos e por segurarem as minhas mãos e não me deixar desmoronar nos momentos mais difíceis;

Ao meu noivo, Emanuel Thiago, por me apoiar, pelo seu amor, carinho e por suportar dois anos de distância e não desistir de nós;

À minha amiga Aline Tayane e sua família, por me acolherem, me darem carinho e amor. Serei eternamente grata!

Aos colegas que me auxiliaram na execução dos experimentos, Diniz, Victor, Francisco, Gedeão, Thamara, Rayla, Dhenifé, Geisse, Rosamara, Farah e Jéssica. Trouxeram leveza a minha jornada. Serei eternamente grata!

Aos amigos da Embrapa Semiárido, em especial, Carla, Sônia Pôncio, Jéssica, Rosamara e Cléber, pelo carinho, amor e pelos momentos especiais;

Aos colegas do Laboratório de Entomologia da UNIMONTES, pela parceria e alegrias compartilhadas;

Aos meus eternos amigos de Janaúba, Maria, Rayanne, Bruna e Pablo, pelo companheirismo e alegrias compartilhadas;

A toda a minha família que sempre acreditou em mim!

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	9
GENERAL ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Manga (<i>Mangifera indica</i> L.) e acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D.C.): Importância para o Semiárido	13
2.2 Mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae): Importância econômica e danos	14
2.3 Controle de <i>Ceratitis capitata</i>	16
2.4 Controle biológico de moscas-das-frutas com Hymenopteros parasitoides.....	17
2.5 <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	18
2.5.1 Capacidade de busca pelo hospedeiro por <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	19
2.6 Dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Caracterização das áreas experimentais	22
3.2 Multiplicação dos insetos	23
3. 2.1 Multiplicação do hospedeiro <i>Ceratitis capitata</i>	23
3.2.2 Multiplicação do parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	24
3.3 Experimentos.....	25
3.3.1 Capacidade de parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em frutos de acerola e manga infestados com larvas de <i>Ceratitis capitata</i>	25
3.3.2 Padrão de dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em pomares comerciais de acerola e manga.....	26
3.3.2.1 Variáveis analisadas	29
3.3.3 Análise estatística.....	31
4 RESULTADOS	33
4.1 Capacidade de parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em frutos infestados com larvas de <i>Ceratitis capitata</i>	33
4.1.1 Em pomar de acerola.....	33
4.1.2 Em pomar de manga.....	34
4.2 Padrão de dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em pomares comerciais de acerola e manga.....	34

4.2.1 Avaliando o parasitismo nas distâncias e no tempo.....	34
4.2.1.1 Em pomar de acerola.....	34
4.2.2.2 Em pomar de manga.....	36
4.2.2.3 Comparação do parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em larvas de <i>Ceratitis capitata</i> nas armadilhas sentinela dispostas nos pomares de acerola e manga	38
4.2.3 Estimativa da distância percorrida por <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> para parasitar 50% e 90% das larvas de <i>Ceratitis capitata</i> em pomares de acerola e manga.....	40
4.2.4 Distância de dispersão (DM) e área de dispersão (S ²) percorrida por <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	41
4.2.4.1. Em pomar de acerola.....	41
4.2.4.2. Em pomar de manga.....	42
4.2.5 Direção da dispersão	43
4.2.5.1 Em pomar de acerola.....	43
4.2.5.2. Em pomar de manga.....	44
4.2.6 Mortalidade de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> nas armadilhas sentinela	45
4.2.6 Influência dos fatores ambientais na dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	46
4.2.6.1 Em pomar de acerola.....	46
4.2.6.2 Em pomar de manga.....	48
4.2.6.3 Influência dos fatores ambientais na dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em pomares de acerola x manga	50
5 DISCUSSÃO.....	53
5.1 Capacidade de parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> sobre moscas-das-frutas infestando frutos de acerola e manga	53
5.2 Padrão de dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em pomares comerciais de acerola e manga.....	57
CONCLUSÕES.....	65

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Patrícia Cristina do Carmo. PARASITISMO DE *Ceratitis capitata* POR *Diachasmimorpha longicaudata* E SUA DISPERSÃO EM CULTIVOS DE FRUTEIRAS NO SEMIÁRIDO. 2019. 76p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG¹.

Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) é um dos mais importantes agentes biológicos no controle de moscas-das-frutas em vários países. No Brasil, existem poucas informações sobre o seu comportamento em campo, principalmente, em ambientes extremos, como é o caso das regiões quentes e secas do Nordeste brasileiro. Este estudo teve por objetivo avaliar a capacidade de busca e parasitismo em larvas de *Ceratitis capitata* por *D. longicaudata* em frutos de acerola e manga, além de estudar o padrão de dispersão e sobrevivência do parasitoide após ser liberado nos pomares destes frutos nas condições do semiárido. Liberações de *D. longicaudata* foram realizadas em pomares de acerola e manga, em fase de frutificação, situados em Petrolina, PE. Inicialmente, foram liberados 800 parasitoides em três pomares de cada uma destas fruteiras. Vinte e quatro e 48 horas depois, os frutos foram coletados, pesados e armazenados em laboratório. Os insetos emergidos dos frutos foram contabilizados e os parasitoides identificados. Para avaliar a dispersão e a sobrevivência do parasitoide após a liberação foram selecionados dois pomares, um de acerola e outro de manga, cada um com cerca de 5,5 hectare. Em cada pomar, foram demarcados raios concêntricos que variaram de 14m a 135m de distância do ponto de liberação no pomar de acerola e 10m a 150m em manga. Totalizaram-se oito raios e 61 pontos em pomar de acerola e nove raios e 51 pontos em pomar de manga. Em cada ponto de monitoramento, larvas de terceiro instar de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) foram oferecidas como hospedeiras por meio de armadilhas sentinela que foram penduradas nas árvores e permaneceram por 24 h no campo, sendo substituídas por novas que também permaneceram por mais 24 h. Foram realizadas avaliações no 1º, 2º, 3º, 8º e 15º dia após a liberação. Foi avaliado o número de parasitoides recuperados nos frutos de acerola e manga, a porcentagem de parasitismo nos diferentes raios e no tempo, os efeitos dos fatores abióticos sobre a dispersão do parasitoide, a direção que ele tomou da dispersão, a distância média de dispersão (DM) percorrida e a área que ele se dispersou (S^2). As fêmeas de *D. longicaudata* parasitaram as larvas de *C. capitata* em frutos de acerola e manga nas 24 e 48 horas após as liberações. As fêmeas liberadas sobreviveram e parasitaram as larvas de *C. capitata* nas armadilhas sentinela por até oito dias após as liberações realizadas no pomar de manga e por 15 dias no pomar de acerola. Nos dois pomares foi constatado maior parasitismo nos primeiros três dias após as liberações. Nas armadilhas sentinela, o parasitismo em manga foi maior que em acerola no primeiro raio, cerca de 10 metros do ponto de liberação, mas as fêmeas parasitaram em distâncias maiores em pomar de acerola. Em acerola, as fêmeas já tinham coberto uma área de dispersão de quase 10.000 m², no segundo dia após a liberação. No pomar de manga as fêmeas atingiram uma distância máxima de 70 m e cobriram uma área de dispersão de quase 0,5 ha, no oitavo dia após a liberação. Os parasitoides se dispersaram para a direção sudeste no pomar de acerola e, de forma aleatória, em cinco direções, no pomar de manga. Os parasitoides parasitaram mais com o aumento da amplitude térmica e quando o vento estava em uma velocidade menor. *Diachasmimorpha longicaudata* é capaz de parasitar

¹**Comitê orientador:** Profa. Dra. Clarice Diniz Alvarenga Corsato - UNIMONTES (Orientadora); Profa. Dra. Beatriz A. Jordão Paranhos- EMBRAPA SEMIÁRIDO (Coorientadora); Profa. Dra. Teresinha Augusta Giustolin - UNIMONTES (Conselheira); Prof. Dr. Ronaldo Reis Junior- UNIMONTES (Conselheiro); Dra. Maria Gisely Camargos - UNIMONTES (Conselheira); Prof. Dr. Victor Martins Maia - UNIMONTES (Conselheiro).

larvas da mosca-das-frutas, *C. capitata*, que estão infestando frutos de acerola e manga, sobreviver por mais de oito dias e se dispersar após ser liberado em pomares destas fruteiras cultivadas na região semiárida de Pernambuco, Brasil.

Palavras-chave: Controle biológico, moscas-das-frutas, dispersão do parasitoide, sobrevivência do inimigo natural.

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, Patrícia Cristina do Carmo. PARASITISM OF *Ceratitis capitata* BY *Diachasmimorpha longicaudata* and its dispersal in fruit crops in the semiarid. 2019. 76 p. Thesis (Doctor's Degree in Plant Production in Semiarid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG².

Diachasmimorpha longicaudata (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) is one of the most important biological agents in the control of fruit flies in several countries. In Brazil, there is little information about their behavior in the field, especially in extreme environments, as is the case in the hot and dry regions of Northeast Brazil. This study aimed to evaluate the ability to search and parasitize in *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) larvae by *D. longicaudata* in barbados cherry and mango fruits, in addition to studying the pattern of dispersion and survival of the parasitoid after being released into the orchards of these fruits under the conditions of the semiarid region. *D. longicaudata* releases were carried out in barbados cherry and mango orchards, in the fruiting stage, located in Petrolina, PE. Initially, 800 parasitoids were released in three orchards in each of these fruit trees. Twenty-four and 48 hours later, the fruits were collected, weighed and stored in the laboratory. The insects emerged from the fruits were counted and the parasitoids were identified. To assess the dispersion and survival of the parasitoid after release, two orchards, one of barbados cherry and one of mango, were selected, each with about 5.5 hectares. In each orchard, concentric radii ranging from 14m to 135m away from the release point in the barbados cherry orchard and 10m to 150m in mango were demarcated. There were eight rays and 61 points in barbados cherry orchard and nine rays and 51 points in mango orchard. At each monitoring point, third instar larvae of *C. capitata* (Wied.) were offered as hosts by means of sentinel traps that were hung from the trees and remained for 24 h in the field, being replaced by new ones that also remained for another 24 h. Assessments were performed on the 1st, 2nd, 3rd, 8th and 15th day after release. The number of parasitoids recovered from the barbados cherry and mango fruits, the percentage of parasitism in the different rays and in time, the effects of abiotic factors on the dispersion of the parasitoid, the direction it took from the dispersion, the average distance of dispersion (DM) were evaluated. covered and the area it has dispersed (S₂). The females of *D. longicaudata* parasitized the larvae of *C. capitata* in barbados cherry and mango fruits at 24 and 48 hours after release. The released females survived and parasitized the larvae of *C. capitata* in the sentinel traps for up to eight days after the releases carried out in the mango orchard and for 15 days in the barbados cherry orchard. In both orchards, greater parasitism was found in the first three days after the releases. In sentinel traps, parasitism in mango was greater than in barbados cherry in the first radius, about 10 meters from the point of release, but females parasitized over greater distances in barbados cherry orchard. In barbados cherry, the females had already covered a dispersion area of almost 10,000 m², on the second day after release. In the mango orchard, the females reached a maximum distance of 70 m and covered an area of dispersion of almost 0.5 ha, on the eighth day after release. The parasitoids dispersed to the southeast direction in the barbados cherry orchard and, randomly, in five directions, in the mango orchard. Parasitoids parasitized more with increasing thermal amplitude and when the wind was at a lower speed. *Diachasmimorpha longicaudata* is able to parasitize fruit fly larvae, *C. capitata*, which are infesting barbados cherry and mango fruits,

²**Guidance committee:** Profa. Dra. Clarice Diniz Alvarenga Corsato - UNIMONTES (Advisor); Profa. Dra. Beatriz A. Jordão Paranhos - EMBRAPA SEMIÁRIDO (Co-Advisor); Profa. Dra. Teresinha Augusta Giustolin - UNIMONTES (Counselor); Prof. Dr. Ronaldo Reis Junior-UNIMONTES (Counselor); Dra. Maria Gisely Camargos - UNIMONTES (Counselor); Prof. Dr. Victor Martins Maia - UNIMONTES (Counselor).

survive for more than eight days and disperse after being released into orchards of these fruit trees grown in the semiarid region of Pernambuco, Brazil

Keywords: Fruit fly, dispersal area, survival, biological control.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial dos países produtores de frutas, com uma produção que tem, nos últimos anos, superado 40 milhões de toneladas. O cultivo de fruteiras abrange em torno de 3 milhões de hectares, o que tem gerado, no mínimo, 6 milhões de empregos diretos (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2016). Apesar do grande potencial da fruticultura, em algumas regiões do Brasil como o Semiárido, as condições climáticas favorecem o desenvolvimento das moscas-das-frutas, dípteros da família Tephritidae que estão entre as pragas de maior importância econômica e quarentenária para as frutas comestíveis do mundo (ARAÚJO et al., 2014).

O controle desses insetos é realizado, basicamente, por meio da aplicação de inseticidas químicos associados a um atrativo alimentar que é, geralmente, uma fonte proteica (VOUDOURIS et al., 2018). No entanto, a baixa diversidade de ingredientes ativos existentes para o controle dessa praga, bem como, a alta toxicidade que eles têm ao ambiente e ao homem, torna o uso do controle químico uma alternativa que deve ser cada vez menos utilizada.

O controle biológico é considerado uma das mais promissoras alternativas ao uso de pesticidas no manejo de pragas. Grande têm sido os esforços na realização de pesquisas para intensificar o uso do controle biológico aumentativo. O parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) tem sido largamente utilizado para o controle de populações de moscas-das-frutas. Esse parasitoide é, atualmente, considerado o mais importante agente de controle biológico das moscas-das-frutas (OVRUSKI et al., 2011). O sucesso desse inimigo natural já foi destacado em países como EUA, Guatemala e México (MONTROYA et al., 2013).

No Brasil, *D. longicaudata* foi liberado pela primeira vez em Conceição do Almeida, na Bahia, em pomares mistos e foram recuperados em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.), pitanga (*Eugenia uniflora* L.), carambola (*Averrhoa carambola* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e umbu-cajá (*Spondias* sp.). Em frutos de carambola, goiaba e umbu-cajá foram recuperados com mais de um ano após as liberações (CARVALHO, 2005). Novas liberações foram realizadas e *D. longicaudata* já foi recuperado em frutos de goiabeira e cafeeiro (*Coffea arabica* L.), em Minas Gerais (ALVARENGA et al., 2005; CAMARGOS et al., 2016), em umbu-cajá, no Recôncavo Baiano (BOMFIM et al., 2010), em nêspera (*Eriobotrya japonica* L.), pêssigo (*Prunus persica* L.), morango (*Fragarias* pp.) e goiaba, no Rio Grande do Sul

(MEIRELLES et al., 2016) e em citros (*Citrus sinensis* L.), no estado de São Paulo (PARANHOS et al., 2007). O sucesso na recuperação de *D. longicaudata* após as liberações em diferentes fruteiras pode estar relacionado tanto às características do fruto hospedeiro da mosca-das-frutas, que pode ter um odor mais atrativo, a polpa mais rasa e a casca mais fina, que facilitam o parasitismo (CUNHA et al., 2011), como às condições climáticas da região em que o parasitoide foi liberado (GINGRAS et al., 2002).

Em laboratório o comportamento de *D. longicaudata* tem sido amplamente estudado, entretanto, poucas são as informações sobre o seu comportamento em habitats agrícolas brasileiros. Embora estudos sobre o parasitismo e dispersão de *D. longicaudata* já tenham sido realizados nas condições semiáridas de Minas Gerais (ALVARENGA et al., 2005; CAMARGOS et al., 2016, 2018), eles não foram desenvolvidos em regiões tão extremas, como é o caso do nordeste brasileiro, que é quente e seco. Conhecer os fatores que interferem no sucesso do parasitoide em campo e como eles o afetam, ajudará a elaborar metodologias que viabilizem aumentar sua eficiência no controle biológico aplicado. O sucesso de um parasitoide como agente de controle depende de sua capacidade de busca pelo hospedeiro no interior do fruto, da sua dispersão após a liberação e da capacidade de localizar o alimento e abrigo (PARANHOS et al., 2007). Os resultados dos estudos de dispersão dos agentes de controle biológico possibilitam determinar as distâncias ideais entre os pontos de liberação, o tempo entre as liberações e o número apropriado de agentes a serem liberados (SHEA; POSSINGHAM, 2000).

Embasados nas informações acima, acredita-se que, o conhecimento sobre a capacidade de parasitismo de um inimigo natural de um determinado inseto-praga associado a sua mobilidade em campo, seja de extrema importância para possibilitar a implementação de estratégias de controle biológico de sucesso (CASTILLO et al., 2006). Assim, o presente estudo teve por objetivos responder duas questões centrais: (1) se *D. longicaudata* possui a capacidade de forragear e parasitar tefritídeos atacando frutos de acerola e manga; (2) e qual o padrão de dispersão e sobrevivência desses insetos após ser liberado nos pomares destas fruteiras, bem como, quais as principais diferenças no comportamento de dispersão desse inimigo natural nestes dois pomares nas condições semiáridas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manga (*Mangifera indica* L.) e acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): Importância para o Semiárido

A Região semiárida, apesar das grandes restrições hídricas, possui uma fruticultura que se reveste de elevada importância econômica e social. No Vale do São Francisco, por exemplo, a fruticultura, em especial o cultivo de mangueiras, representa uma das principais atividades de importância econômica e social para a região, pois é geradora de empregos e renda para o campo (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017).

O Brasil ocupa o sexto lugar no ranking mundial dos maiores exportadores de mangas. Esta fruta alcançou, em receita, o primeiro lugar no *ranking* das exportações nacionais, no período de 2014 a 2017. Entretanto, em volume, ainda está longe do líder nacional, o melão (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018). As mangas são exportadas durante o ano todo e, nossos maiores clientes, pelo menos nos últimos anos, têm sido a União Europeia e os Estados Unidos da América, mas também são exportadas para o Canadá e outros países (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017). Porém, o maior volume de exportação tem ocorrido no segundo semestre do ano, de setembro a dezembro (LIMA, 2013). Neste período o Brasil desfruta de uma interessante “janela” de mercado, ou seja, momento em que o Brasil tem exclusividade na produção para o mercado (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2016).

A acerola é outra cultura que tem grande importância para o Brasil. Essa fruta vem ganhando, cada vez mais espaço no mercado nacional, devido ao seu elevado teor de vitamina C. A área cultivada por essa fruteira no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para a região Nordeste, Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, que juntas detêm em torno de 60,0% da produção nacional (FURLANETO; NASSER, 2015). Desse total, 20% desse cultivo são encontrados no Submédio do Vale do São Francisco (SOUZA et al., 2017), produzido, principalmente, por pequenos produtores. O cultivo dessa fruteira tem crescido muito, principalmente, por ser uma fruta com potencial para a industrialização. Ela pode ser utilizada na forma de suco (polpa), compotas, geleias, para o enriquecimento de alimentos dietéticos e nutracêuticos, como comprimidos ou cápsulas empregados como suplemento alimentar, além de chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas e iogurte (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002).

Apesar da elevada produção de manga e acerola no Brasil, ambas tem sido afetada por altas infestações de moscas-das-frutas. Em pomar de acerola, por exemplo, a importância de *Ceratitis capitata* (Wied.), se dá principalmente pelo fato dessa fruteira ser hospedeira (ARAÚJO et al., 2011) servindo de abrigo para o inseto nos períodos da entressafra de outras culturas importantes, além dos danos diretos causados nos frutos. Já em pomar de manga, além dos prejuízos causados pelas perdas de frutos, a presença dela pode fechar os mercados importadores, como os Estados Unidos da América e Japão.

2.2 Mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae): Importância econômica e danos

Das moscas que ocorrem no Brasil destacam-se as espécies dos gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Rhagoletis* e *Ceratitis* (ZUCCHI, 2000), sendo os gêneros *Ceratitis* e *Anastrepha* os de maior importância neste país. O gênero *Anastrepha* no Brasil é representado por 121 espécies (ZUCCHI; MORAES, 2008), entretanto, apenas sete dessas espécies são particularmente importantes do ponto de vista econômico: *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846), *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1930), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1935), *Anastrepha pseudoparallela* (Loew, 1873), *Anastrepha sororcula* (Zucchi, 1979), *Anastrepha striata* (Schiner, 1868) e *Anastrepha zenildae* (Zucchi, 1979). *Ceratitis capitata*, é a única espécie do gênero *Ceratitis* que ocorre no Brasil (ZUCCHI; MORAES, 2008).

A mosca-do-Mediterrâneo, *C. capitata*, é considerada a espécie-praga mais prejudicial, cosmopolita e invasora dentre todos os tefritídeos (ZUCCHI, 2015), por esse motivo, ocupa uma posição de destaque entre as pragas da fruticultura, não só para a região, mas para o país (BOMFIM et al., 2007; DUARTE; MALAVASI, 2000). Esse inseto já foi registrado no mundo, infestando 361 espécies hospedeiras pertencentes a 63 famílias botânicas (MCQUATE; LIQUIDO, 2017). Esse é o motivo de sua grande importância na economia mundial, pois prejudica a qualidade dos frutos e a sua comercialização (BADII et al., 2015).

No Brasil, *C. capitata* foi detectada em São Paulo, no início do século XX, em 1901. Desde então, tem se espalhado por todo o território nacional, com registro em 23 dos 26 estados brasileiros, apesar de ser mais comumente encontrada nas regiões Sudeste e Sul do país (ZUCCHI; MORAES, 2012). A mosca-do-Mediterrâneo não foi ainda registrada somente nos estados do Amapá, Amazonas e Sergipe, possivelmente pela inexistência de monitoramento nesses estados. No Brasil, *C. capitata* infesta, principalmente, as frutas exóticas, mas também já foram observadas infestando vários frutos nativos. Existem registros

de 94 espécies de frutos hospedeiros que estão distribuídos em, aproximadamente, 27 famílias, que as principais são a Myrtaceae, Rutaceae, Rosaceae, Anacardiaceae, e Sapotaceae (ZUCCHI; MORAES, 2012).

No Submédio do São Francisco encontram-se presentes tanto o gênero *Ceratitis* quanto o gênero *Anastrepha*. Até o momento, foi constatada a presença de onze espécies de *Anastrepha*, sendo: *A. zenildae*, *A. obliqua*, *A. sororcula*, *Anastrepha dissimilis* (Stone, 1942.), *Anastrepha montei* (Lima, 1934), *A. fraterculus*, *Anastrepha pickeli* (Lima, 1934), *Anastrepha distincta* (Greene, 1934), *Anastrepha daciformes* (Bezzi, 1919), *Anastrepha serpentina* (Wiedemann, 1820) e *Anastrepha manihot* (Crantz, 1766) (HAJI et al., 2001).

Apesar do elevado número de espécies do gênero *Anastrepha* encontradas na região, há uma predominância de *C. capitata* em relação ao gênero *Anastrepha* (HAJI et al., 2005). Segundo Paranhos; Barbosa (2005), *C. capitata* passou a ser dominante em relação às espécies de *Anastrepha* desde 1998, atacando uma grande variedade de frutos de diversas famílias, o que dificulta muito o controle. Viana (2009), em estudo de monitoramento de mosca-das-frutas no Projeto Senador Nilo Coelho, Petrolina-PE, mostrou que *C. capitata* representava 96% do total de moscas-das-frutas capturadas nas amostras enquanto *Anastrepha* spp. representava apenas 4%.

As moscas-das-frutas causam danos diretos nos frutos hospedeiros tanto na fase jovem quanto adulta. Os danos causados pela larva já se iniciam com a sua eclosão, quando ocorre a destruição da polpa dos frutos, que se tornam inviáveis para a comercialização. As fêmeas adultas causam danos ao inserirem o ovipositor para ovipositarem nos frutos e esses orifícios de postura se tornam porta de entrada para patógenos oportunistas (ALUJA et al., 2014). Os danos diretos são responsáveis por causar redução na produção, uma vez que os frutos infestados caem precocemente da frutífera ou são inviáveis para comercialização; aumento no custo da produção, devido ao emprego de medidas de controle; menor valor da produção, já que os frutos de baixa qualidade têm menor valor comercial; e menor tempo de prateleira, pois os frutos infestados pela mosca apodrecem mais rapidamente (ROHDE, 2007).

Além dos danos diretos nos frutos existem os indiretos que se referem às limitações que existem para a comercialização de frutas frescas no mundo, causadas pela ocorrência de moscas-das-frutas. Isso por que os países importadores impõem barreiras fitossanitárias para as espécies exóticas na forma de regulamentos e normas técnicas, dificultando e, às vezes, impedindo as exportações (GODOY et al., 2011).

O aumento de áreas cultivadas com diferentes hospedeiros e a capacidade de infestação de *C. capitata* provavelmente estão contribuindo para a elevada densidade populacional dessa

espécie, o que compromete as exportações de frutas caso o manejo adequado (monitoramento e controle) não seja colocado em prática (CARVALHO, 2005).

2.3 Controle de *Ceratitis capitata*

A mosca-do-Mediterrâneo é um inseto-praga que possui uma grande diversidade de frutos hospedeiros, que lhe fornece alimento durante o ano todo, isso, principalmente no Brasil. Este tem sido um dos grandes problemas para controlar essa praga, pois possibilita que sua população se mantenha sempre elevada. As recomendações para o controle das moscas-das-frutas envolvem desde o monitoramento com armadilhas para detectar o nível de infestação, os focos e os pontos de entrada no pomar, até os cuidados com os frutos que não foram comercializados e permaneceram nas plantas sem colher (PARANHOS, 2005).

O controle populacional das moscas-das-frutas ainda depende essencialmente da aplicação de inseticidas químicos sintéticos. Como as fêmeas das moscas-das-frutas colocam seus ovos no interior dos frutos e, devido à inexistência de inseticidas com ação efetiva de profundidade para controlar os ovos e as larvas, a tática mais comumente usada visa o controle dos adultos (RAGA; GALDINO, 2018). Esse é feito por meio da aplicação de inseticidas em cobertura total, que é a estratégia mais adotada para o controle dessa praga (RAGA; SATO, 2016). Entretanto, devido ao impacto sobre o ambiente e os custos de aplicação em área total, o uso do controle químico tem sido, de certa forma, reduzido. Para substituí-lo, pelo menos em parte, nos últimos anos têm sido utilizadas as iscas tóxicas, que nada mais são do que a mistura de atrativos alimentares ou sexuais com inseticidas (RAGA; SATO, 2011). Essas iscas, no entanto, não são aplicadas em área total. Para o controle químico das moscas-das-frutas tem sido utilizado, aproximadamente, 13 ingredientes ativos que são pertencentes aos grupos químicos: espinosina, éter difenílico, neonicotinoide, organos fosforado e piretroide (RAGA; GALDINO, 2018).

O grupo dos organos fosforados é o que apresenta o maior número de moléculas autorizadas para o controle de moscas-das-frutas (RAGA; GALDINO, 2018; RAHMAN; BROUGHTON, 2016; ROHDE et al., 2013). Esses produtos deixam resíduos nos frutos e causam desequilíbrio e contaminação ambiental (CARVALHO, 2006). Países importadores têm exigido a diminuição dos níveis de resíduos de agrotóxicos nos frutos (ANVISA, 2017). Diante disso, acredita-se que, futuramente, dentro dos programas de manejo integrado de pragas (MIP), os métodos químicos convencionais serão gradualmente reduzidos e/ou

substituídos por práticas ecológicas, como a técnica de insetos estéril (TIE), o controle cultural, o uso de iscas específicas e novas estratégias de controle biológico.

2.4 Controle biológico de moscas-das-frutas com Hymenopteros parasitoides

O controle biológico assume uma grande importância no manejo integrado das moscas-das-frutas. São agentes de controle biológico natural das moscas-das-frutas, os vírus, as bactérias, os fungos, os nematoides, os predadores e os parasitoides, estes últimos destacam-se como os mais eficientes (BARANOWSKI et al., 1993).

Dentre os parasitoides, os himenópteros são os agentes de controle biológico que mais contribuem para a mortalidade significativa das pragas economicamente importantes (BENELLI; CANALE, 2012). Várias espécies de parasitoides nativos dessa ordem já foram encontradas parasitando moscas-das-frutas no Brasil, principalmente da família Braconidae, tais como: *Doryctobracon areolatus* (Szépligenti), *Doryctobracon fluminensis* (Szépligenti), *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligenti), *Utetes anastrephae* (Szépligenti), *Opius bellus* (Gahan)(ALVARENGA et al., 2009), entre outros. No entanto, a população dessas espécies nativas é baixa em campo (ALVARENGA et al., 2009), principalmente em regiões semiáridas, provavelmente devido ao clima dessa região ser quente e seco (ARAÚJO; ZUCCHI, 2002).

O controle biológico de moscas-das-frutas por meio do uso de parasitoides em programas de MIP em diversos países baseia-se no controle inundativo (PARRA et al., 2002), que consiste na liberação de um grande número de agentes de controle biológico produzidos de forma massal, para reduzir a população da praga (VAN LENTEREN et al., 2003). Devido à baixa população das espécies de parasitoides nativos e a dificuldade em multiplicá-los em laboratório, no Brasil, foram introduzidos três himenópteros parasitoides exóticos para o controle de moscas-das-frutas, que parasitam ovos, *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae), larvas, *D. longicaudata* e pupas, *Tetrastichus giffardianus* (Silvestri) (Hymenoptera: Eulophidae)(CARVALHO et al., 2000; PARANHOS et al., 2013).

Tetrastichus giffardianus foi introduzido em São Paulo, em 1937, pelo Instituto Biológico, após várias liberações na época, ainda é encontrado em alguns estados brasileiros, inclusive na região nordeste do país, após mais de 60 anos (ARAÚJO et al., 2015; CARVALHO et al., 2018; COSTA et al., 2005).

Fopius arisanus foi introduzido na região Norte do Brasil, em 2012, pela EMBRAPA Amapá, para o controle de *Bactrocera carambolae* D.H (Diptera: Tephritidae). Desde então,

ainda não foi liberado em campo. Até o momento, os estudos com essa espécie de parasitoide têm sido direcionados a biologia emultiplicação (GÓMEZ et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2014a; SANTOS et al., 2017) e competição com outras espécies de parasitoides (COELHO, 2017; GROTH, 2017; PARANHOS et al., 2013) para futuramente realizar liberações em campo.

Diachasmimorpha longicaudata foi introduzido em 1994 e após sua introdução foi liberado e recapturado em MG, RS, BA, SP (ALVARENGA et al., 2005; BOMFIM et al., 2010; CAMARGOS et al., 2016; CARVALHO, 2005; MEIRELLES et al., 2016; PARANHOS et al., 2007). No Brasil, como *D. longicaudata* não se estabeleceu em campo, estudos têm sido direcionados para sua utilização no controle aplicado, por meio de liberações inundativas, que tem por objetivo provocar a morte rapidamente da população da praga hospedeira (PARRA et al., 2002). Esta técnica tem sido utilizada com eficiência para o controle de *C. capitata* em diversos países (MONTROYA et al., 2013, 2017).

2.5 *Diachasmimorpha longicaudata*

Diachasmimorpha longicaudata é sem dúvida a espécie de parasitoide utilizada com maior sucesso para o controle de moscas-das-frutas em programas de Manejo Integrado de Pragas (QUICKE, 2015; DEVESCOVI et al., 2017). É um coinobionte nativo do Sudeste Asiático (Indonésia, Filipinas e Malásia), endoparasitoide do último ínstar larval de tefritídeos que completa o seu desenvolvimento no estágio pupal do hospedeiro (CARBAJAL-PALADINO et al., 2010; VARGAS et al., 2016).

Em 1994, *D. longicaudata* foi importado dos EUA e introduzido no Brasil, pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, visando estudar o comportamento e a eficácia deste inseto no controle de moscas-das-frutas, para implementação de um programa de controle biológico no Nordeste brasileiro (CARVALHO, 2005). A escolha de *D. longicaudata* para o desenvolvimento deste programa, ocorreu devido à facilidade de criação e multiplicação em laboratório e a pouca especificidade com o hospedeiro, podendo parasitar *C. capitata* e várias espécies de *Anastrepha* (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). *D. longicaudata* é considerado uma espécie generalista de moscas-das-frutas, sendo encontrado parasitando diferentes espécies de *Bactrocera* em sua região nativa (QUICKE, 2015).

Essa espécie de parasitoide tem sido utilizada com grande sucesso em vários países como EUA, Guatemala e México (MONTROYA et al., 2013). No México, por exemplo, liberações aumentativas de *D. longicaudata* levaram a supressão em torno de 68,7% das

populações de *Anastrepha* spp. (*A. obliqua* e *A. ludens* Loew), demonstrando a sua eficiência no controle biológico (MONTROYA et al., 2000; MONTROYA et al., 2017).

2.5.1 Capacidade de busca pelo hospedeiro por *Diachasmimorpha longicaudata*

O comportamento de busca de um hospedeiro pelos parasitoides é dividido em quatro etapas que é a localização do habitat, a localização do hospedeiro, o reconhecimento do hospedeiro e a aceitação do hospedeiro (VINSON, 1998). Ao procurar por um hospedeiro em uma planta a fêmea de um parasitoide “toma decisões estratégicas”, como por exemplo, onde e por quanto tempo irá pesquisar o hospedeiro e se deve ou não o aceitar, quando este foi descoberto. O resultado dessas decisões da fêmea do parasitoide poderá influenciar, grandemente, a sobrevivência e a adequação do parasitoide (GINGRAS et al., 2008).

Na busca pelo hospedeiro os parasitoides, em geral, se utilizam de uma série de estímulos que estão associados ao hospedeiro e ao seu habitat, que envolvem pistas táteis, visuais e olfativas (BENELLI; CANALE, 2012; SEGURA et al., 2007, 2016). As pistas olfativas podem ser tanto emitidas pelas plantas como pelo próprio inseto hospedeiro. No caso específico das moscas-das-frutas, as pistas visuais estão mais relacionadas à planta hospedeira, já que as larvas estão alojadas no interior dos frutos. O estímulo, neste caso, é fornecido pela planta e também pelas vibrações emitidas pelas larvas no interior do fruto, quando estas estão se alimentando (MEYHOFER; CASAS, 1999).

Quando o parasitoide está a uma maior distância, as pistas visuais são consideradas de maior importância, quando o inimigo natural está a uma curta ou média distância, as pistas olfativas e vibracionais podem desempenhar um papel mais importante (GINGRAS et al., 2008). Essas pistas também são utilizadas pelo parasitoide para encontrar o alimento e o seu sexo oposto, para o acasalamento (STUHL et al., 2012; SEGURA et al., 2012). A capacidade do parasitoide em reconhecer e ser atraído por essas pistas está diretamente relacionado à sua sobrevivência e multiplicação (STUHL et al., 2011).

As fêmeas de *D. longicaudata* localizam os frutos infestados pelas larvas hospedeiras em resposta, principalmente, as pistas químicas (EBEN et al., 2000; SEGURA et al., 2012). Estas pistas são emitidas pelos frutos maduros infestados ou em decomposição, que são atrativos ao parasitoide (MESSING; JANG, 1992). *D. longicaudata* também é atraído pelos subprodutos da decomposição provocados por fungos, como o etanol e acetato de etilo (GREANY et al., 1977). Na falta dos estímulos químicos, *D. longicaudata* também parece ser atraído por estímulo visual. Em avaliações com adultos de *D. longicaudata* em gaiolas de

campo no Havaí, foi constatado que esse parasitoide se utiliza de estímulos visuais e olfativos para localizar os frutos hospedeiros. Os autores observaram que fêmeas acasaladas pousaram em frutos de qualquer cor quando estavam na presença de pistas olfativas, mas na ausência da pista olfativa, elas usaram os estímulos de cor no processo de localização do habitat (MESSING; JANG, 1992).

As espécies vegetais possuem uma ampla diversidade, quantidade e qualidade de compostos químicos. Essa diversidade serve muitas vezes como mecanismo de defesa e pode ser desenvolvido pela própria planta. Um desses mecanismos de defesa é a defesa induzida indireta caracterizada pela produção de voláteis pelas plantas após a herbivoria os quais sinalizam aos inimigos naturais, a presença de sua presa/hospedeiro (ARIMURA et al., 2005). Diversas plantas emitem esses voláteis (voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIHs)) quando estão sob ataque e em seguida, atraem inimigos naturais (RIVEL; COSTA, 2015). As plantas também podem ser atrativas aos inimigos naturais, mesmo sem induzir defesa, ou que seja pelos voláteis de frutos, flores ou pela coloração de flores e frutos (SEGURA et al., 2012).

Desta forma, o conhecimento das atividades de busca de um parasitoide ao seu inseto hospedeiro, em diferentes espécies de plantas se constitui em uma importante fonte de informação (RIVERO, 2000; SEGURA et al., 2016). Já existem evidências de que as plantas hospedeiras afetam o segundo e o terceiro níveis tróficos, ou seja, o inseto hospedeiro e seus parasitoides, respectivamente, ao mesmo tempo (STOEPLER et al., 2011). Em experimento realizado em gaiolas de campo com frutos infestados, *D. longicaudata* parasitou mais as larvas que infestavam os frutos de acerola, seguida de goiaba e manga (COELHO, 2017). Dessa forma pode-se inferir que uma espécie vegetal ou um pomar dela pode ou não ser mais atrativo que outro, tanto para o inseto-praga quanto para o seu inimigo natural. Daí a importância de se estudar o comportamento e a capacidade de parasitismo do inimigo natural em diferentes plantas hospedeiras.

2.6 Dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata*

A capacidade de dispersão é uma característica importante de um agente de controle biológico bem-sucedido (HEIMPEL; ASPLEN, 2011) e entender como os parasitoides se dispersam pode ser útil para determinar o seu potencial sucesso em encontrar e controlar populações. Os estudos de dispersão de um parasitoide também podem, por exemplo, permitir a determinação das distâncias que devem existir entre os pontos de liberação, qual o intervalo

de tempo entre as liberações e o número de indivíduos do agente de controle devem ser liberados (SHEA; POSSINGHAM, 2000). *D. longicaudata* quando liberado em pomar de citros no estado de São Paulo chegou a uma distância de 40 m, se dispersando mais durante o verão do que no inverno (PARANHOS et al., 2007). Em cultura de café no Norte de Minas Gerais *D. longicaudata* chegou até 76,12m de distância do ponto de liberação (CAMARGOS et al., 2016). Esses dados indicam que a capacidade de dispersão pode variar em diferentes cultivos, regiões, etc.

Muitos são os fatores que podem influenciar o comportamento de dispersão do parasitoide no campo, como o número de vespas liberadas, as condições climáticas da região, a qualidade da criação massal, a ocorrência de competição inter e intraespecífica, a abundância e a viabilidade de frutos nas plantas hospedeiras (PARANHOS et al., 2007). Além disso, também podem influenciar o comportamento de dispersão do parasitoide as características do pomar como o espaçamento de plantio, a arquitetura da planta que pode alterar de acordo com os estádios fenológicas da cultura (em função da idade da planta) ou em função de seu genótipo (variedade, cultivar, híbrido etc.) (GONTIJO et al., 2010). Alterações na massa foliar da cultura, no tamanho das plantas e na complexidade de sua arquitetura, por exemplo, podem afetar a dispersão e a eficiência de parasitismo (PINTO; PARRA, 2002), por servir como barreira física a passagem do parasitoide (RANDLKOEFER et al., 2009) bem como, alterar o microclima no interior do pomar (RANDLKOEFER et al., 2010). A estrutura de uma planta pode ser definida pelo seu tamanho (altura), heterogeneidade (diversidade nas partes da planta) e conectividade (número absoluto de conexões que ocorrem entre os componentes da planta) (GINGRAS et al., 2002). Essas características físicas da planta podem prejudicar a mobilidade dos parasitoides além do tempo gasto nas buscas e o seu sucesso (LOVINGER et al., 2000). Para a espécie *D. longicaudata*, há poucos estudos avaliando o efeito desses fatores em campo.

O papel de *D. longicaudata* em programas de controle biológico de pragas estimulou a pesquisa de laboratório em vários aspectos de sua biologia, comportamento, criação massal, entre outros (COSTA et al., 2016; JULSIRIKUL et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2014b), no entanto, estudos dos seus atributos em campo, ainda são escassos. Conhecer os atributos do parasitoide, como sua capacidade em localizar o hospedeiro nos diferentes habitats, de responder à variabilidade ambiental, de sobreviver e sua habilidade de vôo, são informações de extrema importância para recomendar uma espécie de parasitoide para uma determinada cultura e região. Portanto, para que se possa recomendar uma espécie para controle biológico, numa determinada cultura e região, é necessário antes conhecer sua atuação em campo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas experimentais

Foram realizados dois experimentos: 1. o primeiro visando avaliar a capacidade de parasitismo de *D. longicaudata*, para verificar se o parasitoide consegue buscar a praga e completar o seu ciclo nos frutos de acerola e manga, após ser liberado em campo; 2. o segundo para avaliar o padrão de dispersão e sobrevivência do parasitoide nas culturas de acerola e manga, usando para isso “armadilhas sentinela”. Os experimentos foram realizados em áreas de plantios comerciais de acerola ‘Junco’ e manga ‘Tommy’, localizados no Projeto Senador Nilo Coelho, em Juazeiro/ BA e Petrolina, PE. Foram utilizados quatro pomares de cada fruteira para todos os experimentos, denominados a partir daqui, como A1, A2, A3 e A4 os pomares de acerola e M1, M2, M3 e M4 os pomares de manga (Figura 1). Os pomares utilizados tinham de 7 a 10 anos de idade e estavam em fase de frutificação. Os pomares foram irrigados por meio de microaspersão e nenhum tipo de controle de pragas, como também, nenhuma poda nas plantas foram realizadas durante os experimentos. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é BSwH, ou seja, seco, com vegetação xerófila, inverno seco e temperatura média no mês mais frio superior a 18°C e no mês mais quente em média 26,2°C. As chuvas ocorrem de janeiro a abril, com precipitação média anual de 510 mm (SOUZA et al., 2015).

Os dados climáticos do período de realização do estudo foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia (LABMET, 2018) da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, obtidos na Estação Meteorológica Automática (Longitude: 328730.526328W, Latitude: 8968900.11988S, na projeção UTM), localizada a uma distância de 8 a 10 km das áreas experimentais. Os dados de direção do vento foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), obtidos na Estação Meteorológica Automática (Longitude: 332735.790737W, Latitude: 8961852.69439S, na projeção UTM), localizada na cidade de Petrolina, no máximo 12 km da área experimental (Figura 1).



Figura 1. Imagem aérea das áreas de estudo localizadas no perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, pólo Petrolina/Juazeiro, Pernambuco e Bahia, Brasil.

Fonte: Google Earth®

3.2 Multiplicação dos insetos

3. 2.1 Multiplicação do hospedeiro *Ceratitis capitata*

Os insetos utilizados nos experimentos foram obtidos a partir de colônias de *C. capitata*, estabelecidas no laboratório de Entomologia da EMBRAPA Semiárido, Petrolina, Brasil. Os adultos de *C. capitata* foram criados em gaiola (60 cm x 20 cm x 50 cm) confeccionada em acrílico, com duas das laterais em tecido do tipo voal removíveis, onde as fêmeas depositavam seus ovos que caíam por gravidade em bandejas (60,5 x 40 x 9,2 cm) contendo água destilada, abaixo da gaiola.

Os ovos de *C. capitata* foram coletados e distribuídos sobre a dieta artificial de larvas, em bandejas plásticas (45 x 30 x 8 cm) cobertas com tecido voal. Esta dieta é constituída de farinha de soja (8,24%); levedura de cerveja (8,24%); açúcar (8,24%); benzoato de sódio (0,20%); ácido cítrico (1,70%); Nipagin (0,24%); água filtrada (59,74%) e bagaço seco de cana-de-açúcar (10%) (DAMASCENO, 2013). Os recipientes contendo dieta e as larvas recém-eclodidas permaneceram em sala sob condições controladas (25 ± 2 °C, UR de $50 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h) até as larvas atingirem o terceiro ínstar. Nessa fase, as larvas foram

coletadas e transferidas para recipientes de plástico (1000 ml) contendo vermiculita, simulando o substrato para a pupação, onde permaneceram por oito dias. Após esse período as pupas foram peneiradas (separadas da vermiculita) e transferidas para placas de acrílico (100 mm x 22 mm), que foram acondicionadas em novas gaiolas de adultos contendo água e dieta para adultos (3:1, açúcar: proteína hidrolisada - Biones) (SILVA NETO et al., 2012). Com a emergência dos adultos, iniciou-se uma nova geração ou novo ciclo de produção.

3.2.2 Multiplicação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata*

A colônia do parasitoide *D. longicaudata* para as liberações foi obtida a partir da criação estabelecida no laboratório de Entomologia da EMBRAPA Semiárido. Os parasitoides foram mantidos em gaiolas confeccionadas em acrílico (28 cm x 28 cm x 26 cm) com a parte superior telada e removível, em salas sob condições controladas ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ e 12 h de fotoperíodo). Nas gaiolas, os parasitoides receberam água destilada por meio de um algodão umedecido e como alimento, mel, dissolvido em lenço de papel. Os parasitoides foram multiplicados sobre larvas de terceiro ínstar (com sete a dez dias após a eclosão) de *C. capitata*. As larvas hospedeiras foram oferecidas ao parasitoide em placas de Petri (100 mm x 22 mm), cobertas com o tecido voil e presas por elástico. Para isso, as placas contendo as larvas foram dispostas sobre a tela, na parte superior da gaiola de *D. longicaudata*, onde ficaram expostas ao parasitismo por 1 hora. Após o parasitismo, as larvas foram transferidas para recipientes plásticos (1000 ml) transparentes, contendo vermiculita e cobertos com tecido voal, para manter boa ventilação, até a pupação, emergência e morte das moscas. Das larvas que não foram parasitadas emergiram moscas, em média oito dias após a pupação, que morreram por falta de alimento, já que, neste caso, o objetivo foi a produção do parasitoide. Após 13 a 14 dias, contando a partir da data do parasitismo, as pupas parasitadas foram peneiradas (retirando a vermiculita e as moscas mortas), e transferidas para placas de acrílico (100 mm x 22 mm), que foram acondicionadas em novas gaiolas de adultos, contendo água e alimento. Iniciou-se assim, uma nova geração dos parasitoides. Os procedimentos de criação de *D. longicaudata* foram adaptados da metodologia descrita por Walder (2002).

3.3 Experimentos

3.3.1 Capacidade de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de acerola e manga infestados com larvas de *Ceratitis capitata*

A capacidade de parasitismo em frutos de acerola e manga infestados foi avaliada no período de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, fase de plena frutificação nos pomares. Três pomares em produção de acerola (A1, A2 e A3) e manga (M1, M2 e M3), com cerca de 1,0 hectare de cada fruteira foram selecionados (Tabela 1, Figura 1).

Tabela 1. Característica, localização e vegetação de entorno dos pomares de acerola e manga utilizados na avaliação da capacidade de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata*, Petrolina, PE.

Fruteiras	Espaçamento linhas/plantas (m)	Pomar	Localização	Coordenadas (UTM)	Vegetação de entorno
Acerola	7x3	A1	N4/PE	315200.414437W 8965529.07912S	Goiaba e mata nativa
	4x4	A2	N6/PE	329815.991492W 8972588.48004S	Goiaba, mamão e mata nativa
	7x3	A3	N8/PE	337978.804151W 8970540.38286S	Acerola, uva e Atemoia
Manga	6x4	M1	Casa nova (BA)	307874.034032W 8961173.41178S	Manga e mata nativa
	10x5	M2	N7/PE	335715.064713W 8971864.19397S	Acerola e mata nativa
	10x5	M3	N11/PE	343301.779344W 8975569.62108S	Manga e mata nativa

Nesses pomares, aproximadamente 800 parasitoides (1 macho: 1 fêmea) com cinco a setes dias de idade obtidos do laboratório de criação estoque da EMBRAPA Semiárido, foram liberados em cada pomar. Foram realizadas duas liberações em cada pomar, exceto na área A1 de acerola e na área A3 de manga em que apenas uma liberação foi realizada. Totalizaram-se assim cinco liberações nos três pomares de cada fruteira. Os parasitoides foram levados ao campo em suas próprias gaiolas de criação e soltos por uma abertura presente na parte superior da mesma, que foi mantida fechada com fitas de velcro, mas aberta quando foram realizadas as liberações. As liberações do parasitoide foram realizadas no centro do pomar, sob as copas das árvores, caminhando-se em círculo e com a gaiola aberta e voltada para as plantas.

Com o objetivo de capturar a progênie do parasitoide *D. longicaudata*, 24 e 48 horas após as liberações, frutos de acerola e manga foram coletados nos respectivos pomares. As

coletas dos frutos de acerola e manga foram realizadas de forma aleatória, independentemente da posição que ocupavam nas árvores ou no solo. As coletas dos frutos foram realizadas em um raio de cerca de 50 metros do ponto de liberação. O tamanho das amostras foi variável e dependente da disponibilidade de frutos no momento da coleta. Todos os frutos coletados estavam em boas condições de conservação.

As amostras, devidamente rotuladas (data, local, coleta), foram acondicionadas em bandejas plásticas e transportadas para o Laboratório de Entomologia da EMBRAPA Semiárido. Os frutos foram contados, pesados e acondicionados em recipientes plásticos contendo vermiculita umedecida e foram fechados com um tecido tipo *voil*. As amostras foram mantidas sob condições controladas de temperatura ($27 \pm 10^\circ \text{C}$). Transcorridos de oito a 10 dias, a vermiculita foi peneirada e a polpa dos frutos examinada. As larvas e os pupários de moscas-das-frutas obtidos foram contados e transferidos para frascos de acrílico (5 ml), contendo vermiculita umedecida, tampados com *voil* e rotulados (data, local e coleta), para a emergência de moscas e/ou parasitoides. Devido à facilidade para se identificar os espécimes adultos de *C. capitata*, estas foram imediatamente contabilizadas e descartadas. Os espécimes de parasitoides emergidos foram fixados em álcool 70%, para posterior identificação e confirmação da espécie liberada. Os pupários fechados (em que não houve emergência de mosca ou parasitoide) foram dissecados e contabilizados.

A identificação foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópico e da chave de identificação de espécies de braconídeos parasitoides de moscas-das-frutas no Brasil (CANAL; ZUCCHI, 2000). Foi avaliada a emergência de moscas e de parasitoides, a mortalidade de larvas e pupários das moscas e a porcentagem de parasitismo das larvas, que foi calculada por meio da fórmula: $[(n^\circ \text{ parasitoides emergidos e não-emergidos} \times 100) / n^\circ \text{ total de insetos adultos (moscas e parasitoides emergidos e não emergidos)}]$. No cálculo da porcentagem de parasitismo, levaram-se em consideração os insetos parasitados que estavam totalmente formados dentro dos pupários, mas por alguma razão não emergiram. Para avaliar a mortalidade levaram-se em consideração os pupários secos (que não continham nenhum inseto em seu interior) e as larvas mortas que não chegaram à fase de pupa.

3.3.2 Padrão de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomares comerciais de acerola e manga

Esse experimento foi desenvolvido em dois pomares com em torno de 5,5 hectares, sendo um de plantio comercial de acerola (A4) e outro de manga (M4) (Figura 1). O pomar de acerola

localizava-se nas coordenadas centrais de Longitude 337978.804151 E e Latitude 8970540.38286S (projeção UTM) e o pomar de manga localizava-se nas coordenadas de Longitude 338553.392691E e Latitude 8971058.88578S. O pomar de acerola foi cultivado sob espaçamento de 7m entre linhas e 3m entre plantas e circundados por pomares de acerola, atemoia e uva e o pomar de manga sob 10m entre linhas e 5m entre plantas e tinha como vegetação de entorno pomares de manga e uva.

As áreas foram demarcadas previamente em raios (círculos) concêntricos, a partir de um ponto central, em função do espaçamento da fruteira (Figura 2). Em ambos os pomares, no primeiro círculo foram demarcados quatro pontos (plantas), no segundo cinco e, assim por diante, sendo acrescentado a cada novo círculo um novo ponto, exceto para o penúltimo e último círculo, que receberam oito e quatro pontos, respectivamente (Figura 2). Cada ponto (planta) foi sinalizado com uma faixa de tecido TNT colorido. Todos os pontos foram georreferenciados por meio do GPS Garmin Map 78-S, configurado no Datum WGS-84, fuso 24 S.

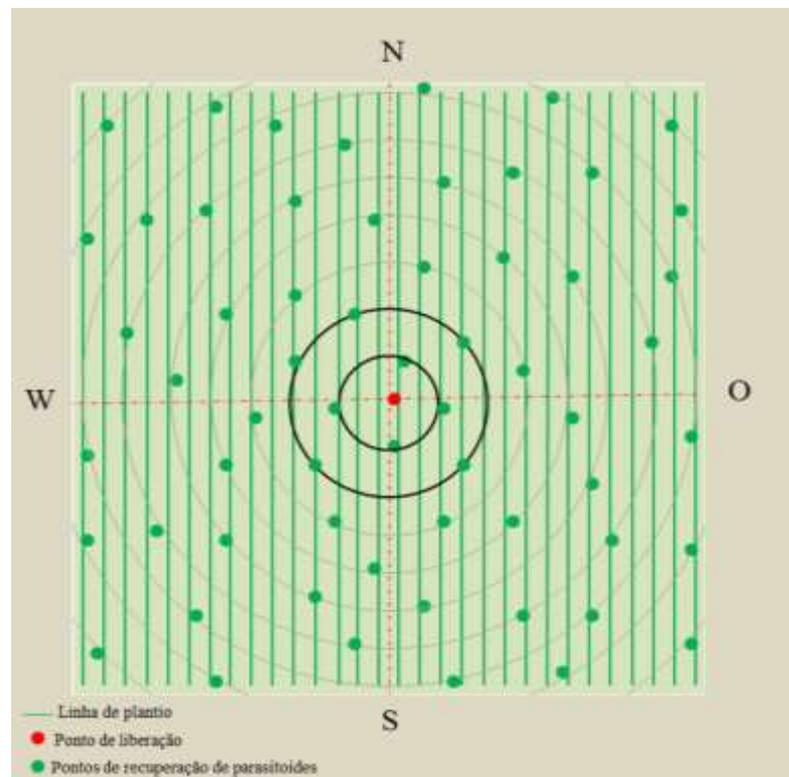


Figura 2. Esquema representativo da distribuição das plantas de acerola e manga marcadas (pontos), onde foram penduradas as armadilhas sentinela, contendo larvas de 3º instar de *Ceratitidis capitata*, usadas para avaliar a dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* nos pomares. Na figura foram representados em negrito apenas dois círculos (raios), usado somente para fins de ilustração.

Totalizaram-se no pomar de acerola nove círculos demarcados, com média de 15 m de distância entre si. No pomar de manga foram demarcados oito círculos, com

aproximadamente 20 metros de distância entre si, exceto o primeiro raio, que foi demarcado a 10m do ponto central (Tabela 2). Foram marcados 61 pontos (plantas) no pomar de acerola e 51 no pomar de manga (Tabela 2).

Tabela 2. Distâncias médias de cada um dos raios ao ponto central e número de pontos por raio estabelecidos nos pomares de acerola e manga, para avaliar a capacidade de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* nas áreas.

Raio	Acerola		Manga	
	DR (m) ¹	Número de pontos/raio	DR (m) ¹	Número de pontos/raio
1	15	4	10	4
2	30	5	30	5
3	45	6	50	6
4	60	7	70	7
5	75	8	90	8
6	90	9	110	9
7	103	10	130	8
8	120	8	150	4
9	135	4	-	-
Total		61	-	51

¹DR refere-se a distância dos raios ao ponto central

Nos pontos demarcados em cada pomar foram amarradas armadilhas sentinela (Figura 3). Estas consistiram de placas de acrílico (60 mm de diâmetro x 5 mm de altura) contendo em seu interior, em média 50 larvas de 3º ínstar de *C. capitata* mais dieta artificial para larvas, envoltas por um tecido tipo voil e presas com liga elástica. No campo, as armadilhas foram presas na copa das árvores, utilizando-se um elástico, a uma altura de 1,0 m a 1,3 m do solo.



Figura 3. “Armadilha sentinela” pendurada em planta de acerola, em Petrolina, PE, Brasil.

Após a distribuição das armadilhas sentinela no pomar foram liberados cerca de 3.000 adultos de *D. longicaudata* (1 macho: 1 fêmea) com idades entre cinco a sete dias no ponto central do pomar. As liberações dos insetos foram realizadas por volta das 8 horas da manhã com intervalos entre as liberações de no mínimo 20 dias, totalizando cinco liberações, em cada pomar. No pomar de acerola, quatro liberações foram realizadas entre outubro de 2016 e fevereiro de 2017 e a quinta liberação em janeiro de 2018. No pomar de manga três liberações foram realizadas em pomar contendo frutos na área e duas sem a presença de frutos, com o intuito de verificar o efeito da presença do fruto na taxa de parasitismo e dispersão dos parasitoides. No período de frutificação do pomar, uma armadilha (tipo Delta) foi instalada no centro do pomar de manga, a fim de monitorar a infestação de *C. capitata* no pomar. No pomar de manga, as liberações dos parasitoides foram realizadas entre setembro e dezembro de 2017.

Os parasitoides foram liberados das próprias gaiolas de criação, sob as copas das árvores, caminhando-se em círculo e com a gaiola aberta e voltada para as plantas. 24 horas após as liberações dos parasitoides as armadilhas sentinela foram retiradas e substituídas, sendo esse procedimento repetido no 2º, 3º, 8º e 15º dias após cada liberação. As armadilhas retiradas dos pomares foram levadas ao laboratório e as larvas acondicionadas em copos plásticos (200 mL), contendo uma camada de vermiculita umedecida e mantidos em sala sob condições controladas (temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $65 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h) até a emergência dos parasitoides ou das moscas. Após a emergência os adultos de *C. capitata* foram contabilizados e descartados. Os parasitoides foram fixados em álcool 70% para posterior identificação e confirmação da espécie liberada, assim como descrito no item 3.3.1. Esse procedimento foi repetido a cada liberação de parasitoides.

3.3.2.1 Variáveis analisadas

Os descendentes (progênie) de *D. longicaudata* obtidos dos parasitoides liberados nos pomares de acerola e de manga foram utilizados para avaliar a porcentagem de parasitismo nas diferentes distâncias (raios) e no tempo, pela qual foi possível calcular a distância média de dispersão (DM), área de dispersão (S^2) e a direção da dispersão realizada pelos parasitoides. Foi avaliado o efeito dos fatores ambientais sobre o parasitismo no espaço e a mortalidade das larvas de *C. capitata* submetidas ao parasitismo.

A porcentagem de parasitismo foi calculada utilizando-se a fórmula: $[(n^\circ \text{ de parasitoides emergidos e não-emergidos} \times 100) / n^\circ \text{ total de insetos adultos (moscas e$

parasitoides) emergidos e não emergidos]. Foram considerados como não emergidos os insetos que estavam totalmente formados dentro dos pupários, mas por alguma razão não emergiram. Os pupários secos que não continham nenhum inseto em seu interior foram contabilizados como mortos. A mortalidade de larvas e pupas foi calculada pela fórmula: [(pupários secos+ larvas mortas) x 100/nº total de larvas que foram inicialmente oferecidas nas “armadilhas sentinela].

A distância média de dispersão (DM) de *D. longicaudata* e a área de dispersão (S^2) atingida pelos parasitoides no pomar de acerola e manga, a cada liberação e no tempo foram determinadas usando o modelo proposto por Dobzhansky e Wright (1943), conforme a fórmula:

$$S^2 = \sum \left(\frac{r^3 xi}{a} \right) / \sum \left(\frac{r xi}{a} \right) + \frac{c}{2\pi}$$

$$DM = \sum \left(\frac{r^2 xi}{a} \right) / \sum \left(\frac{r xi}{a} \right) + \frac{c}{2\pi}$$

onde:

S^2 = área de dispersão (m^2) atingida pelo parasitoide, durante o período experimental;

DM = distância média de dispersão (m) do parasitoide durante o período experimental;

r = distância (m) do centro até as “armadilhas sentinela”;

a = o número de armadilhas por círculo;

c = número médio de parasitoides obtidos no círculo central;

i = a porcentagem de parasitismo em cada círculo.

3.3.3 Análise estatística

Os resultados de parasitismo de larvas de *C. capitata* em armadilhas sentinela obtidos após a liberação de *D. longicaudata* em pomares de acerola e de manga foram analisados utilizando-se modelos lineares generalizados de efeito misto para os dados pseudorepetidos, por meio da função GLMR do pacote lme4, do Sistema Estatístico R (BATES et al., 2015; R CORE TEAM, 2018). Para avaliar a dispersão do parasitoide na cultura da acerola, foi criado um modelo considerando o raio (distância) e cada uma das variáveis explicativas, como: Tempo, umidade relativa, precipitação, amplitude térmica (diferença entre a temperatura máxima e mínima) e velocidade do vento, bem como todas as interações existentes entre estas variáveis. Outro modelo foi criado avaliando-se a mortalidade de larvas de *C. capitata* em função da distância (raio). Na cultura da manga, análise semelhante foi realizada, no entanto além do tempo e dos fatores ambientais, acrescentou-se a variável explicativa presença ou ausência de fruto no pomar.

Além da análise isolada para cada fruteira, realizou-se uma análise comparando a dispersão do parasitoide nas duas fruteiras estudadas. Para isso, utilizaram-se os mesmos procedimentos descritos acima. No entanto, além do fator tempo e dos fatores abióticos, avaliou-se o efeito das fruteiras. Dessa forma, para a análise comparativa, criou-se um modelo considerando o parasitismo no raio (distância) e cada variável explicativa, sendo elas: Tempo, todos os fatores ambientais e a fruteira, e todas as interações entre estas variáveis. Outro modelo foi criado avaliando-se a mortalidade de larvas em função da distância (raio) e da fruteira.

A seleção do melhor modelo deu-se pelo método Stepwise que foi selecionado pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike) (CRAWLEY, 2013), utilizando-se o pacote MuMIn (BARTÓN, 2018).

O AIC foi obtido pela fórmula:

$$AIC = -2 * \log - \text{likelihood} + k * n_{\text{par}}$$

Onde:

- npar é o número de parâmetros do modelo;
- k é o número de parâmetros considerados, ou seja, a quantidade de variáveis mais o intercepto da função e a variância residual.

Normalmente o k utilizado neste critério resulta na seleção das variáveis que entrarão ou sairão do modelo, considerando um valor de p aproximado de 0,1. Para forçar uma seleção via AIC, mas usando o p aproximado de 0,05, foi obtido um novo valor de k por meio da

fórmula $k = qchisq(1 - p; df = 1)$, onde foi considerado o valor de p de 0,05. Como resultado foi obtido um novo $k = 3,84$.

Além das variáveis citadas acima foi realizado o cálculo da distância de dispersão do parasitoide em que 50% ou 90% das larvas hospedeiras já haviam sido parasitadas, ou seja, o raio de parasitismo de 50% ou 90% das larvas. Com os parâmetros estimados pela análise anterior, as estimativas foram calculadas com as seguintes equações.

Primeiramente, a equação logística foi linearizada através da função logit:

$$\log(p/(1-p)) = a - b \cdot \log(x)$$

onde, a e b são os parâmetros a serem estimados; x é a variável de interesse (raio) e p é o valor interessado em proporção (0,5 ou 0,9). Isolando a variável de interesse chegou-se a seguinte equação geral:

$$x = (a - \log(p/(1-p))) / (b)$$

Os dados de direção foram analisados utilizando a função GLM com distribuição quasibinomial, no Sistema Estatístico R (R CORE TEAM, 2018). Foi criado um modelo para testar as direções de dispersão do parasitoide e, de posse do modelo, realizou-se o teste de contraste para verificar a semelhança entre as direções, criando-se grupos com taxas de parasitismo semelhantes. Além do teste de contraste, a direção de dispersão seguida pelos parasitoides, *D. longicaudata*, foi verificada por meio de uma análise circular. Realizou-se então o teste de Watson para verificar o ajustamento dos dados circulares em relação a distribuições de Von Mises (AGOSTINELLI; LUND, 2017). Em seguida, gerou-se um gráfico de diagrama do tipo “*rose diagram*” no qual se obteve a distribuição dos dados em função da circunferência. Todos os gráficos utilizados neste estudo foram gerados pelo programa estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

4 RESULTADOS

4.1 Capacidade de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos infestados com larvas de *Ceratitis capitata*

4.1.1 Em pomar de acerola

Foram coletados 28,7 Kg de frutos de acerola nos pomares em que *D. longicaudata* foi liberado. Desse total de frutos coletados, foram encontrados 230 pupários da mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata* (Tabela 3). Assim, em média, foram encontrados oito pupários para cada kg de frutos de acerola coletados. Do total de pupários encontrados, não foi constatada a emergência de insetos em 34 deles. Dos pupários obtidos e dos quais ocorreram emergência, 186 foram de *C. capitata* e 13 espécimes de *D. longicaudata*. Assim, constatou-se que as fêmeas de *D. longicaudata* foram capazes de forragear e parasitar as larvas de *C. capitata* em frutos de acerola presentes nos pomares. A maior porcentagem de parasitismo das larvas da mosca-do-mediterrâneo por *D. longicaudata* foi constatada no pomar de acerola, A2, que foi de 12,0%. Entretanto, em média a porcentagem de parasitismo nestas áreas de coletas foi de 7,8% (Tabela 3).

Tabela 3. Número de pupários mortos, número de *Ceratitis capitata* e *Diachasmimorpha longicaudata* emergidos e parasitismo (%) obtidos de frutos de acerola coletados 24 e 48 horas após as liberações do parasitoide nos pomares de acerola, Petrolina, PE.

Data liberação	Pomar	Pupários		Adultos		Parasitismo (%)
		Total	Mortos	<i>C. capitata</i>	<i>D. longicaudata</i>	
23/dez/2017	A3	54	7	45	2	4,2
10/jan/2018	A1	26	1	23	2	8,0
10/ jan/2018	A2	30	7	22	3	12,0
30/jan/2018	A3	28	8	18	2	10,0
30/jan/2018	A2	92	11	78	4	4,9
Total		230	34	186	13	-
Média		-	-	-	-	7,8

4.1.2 Em pomar de manga

Foram coletados um total de 123,1 Kg de frutos de manga nos pomares em que *D. longicaudata* foi liberado. Dos frutos de manga infestados com larvas, foram obtidos 900 pupários da mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata* (Tabela 4). Do total de pupários recuperados nos frutos, 189 estavam mortos. Dos demais, emergiram 668 moscas (*C. capitata*) e 43 parasitoides, todos da espécie *D. longicaudata*. Nestes pomares de manga, as fêmeas de *D. longicaudata* também foram capazes de forragear e parasitar as larvas de *C. capitata* que infestavam os frutos presentes em todas as áreas avaliadas. O parasitismo foi bem semelhante entre os pomares, o máximo observado foi de 6,9% e em média houve 5,3% de parasitismo.

Tabela 4. Número de pupários mortos, número de *Ceratitidis capitata* e *Diachasmimorpha longicaudata* emergidos e parasitismo (%) obtidos de frutos de manga coletados 24 e 48 horas após as liberações do parasitoide nos pomares de acerola, Petrolina, PE.

Data liberação	Pomar	Pupários		Adultos		Parasitismo (%)
		Total	Mortos	<i>C. capitata</i>	<i>D. longicaudata</i>	
17/nov/2017	M3	515	85	400	30	6,9
10/dez/2017	M1	89	40	46	3	6,1
14/dez/2017	M2	189	50	133	6	4,3
17/dez/2017	M1	49	11	36	2	5,3
26/dez/2017	M2	58	3	53	2	3,8
Total		900	189	668	43	-
Média		-	-	-	-	5,3

4.2 Padrão de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomares comerciais de acerola e manga

4.2.1 Avaliando o parasitismo nas distâncias e no tempo

4.2.1.1 Em pomar de acerola

A porcentagem de parasitismo de *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata* variou significativamente em relação à distância percorrida pelo parasitoide e o tempo, após ser liberado em pomar de acerola (Tabela 5). Foi constatada interação significativa para a

porcentagem de parasitismo entre as distâncias percorridas pelo parasitoide e o tempo após a liberação dos parasitoides (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de *deviance* do modelo selecionado pelo menor AIC usado para testar a porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função das distâncias percorridas pelo parasitoide no pomar de acerola e em relação ao tempo gasto para este percurso.

Modelo AIC =7.803,3	GL	<i>Deviance</i>	P
Distância (raio)	1	116,755	< 0,0001
Tempo avaliação	1	37,730	< 0,0001
Distância x (tempo ²)	1	22,879	< 0,0001
Tempo x (tempo ²)	1	73,961	< 0,0001

A porcentagem de parasitismo em larvas de *C. capitata* em armadilha sentinela por *D. longicaudata* foi reduzida à medida que os insetos se distanciaram do ponto de liberação (Figura 4), independente do dia de avaliação. As maiores porcentagens de parasitismo foram observadas sobre as larvas que estavam até o 3º raio de dispersão, a 45 metros de distância do centro de liberação dos parasitoides. Entretanto, também foi constatado parasitismo sobre as larvas de *C. capitata* que estavam nas armadilhas sentinela localizadas no último raio de dispersão, a uma distância média de 135 metros de onde foram liberados.

As fêmeas do parasitoide apresentaram maior atividade nos três primeiros dias, mas parasitaram as larvas até o 15º dia após a liberação (Figura 4). Apesar da baixa atividade do parasitoide observada aos oito e 15 dias após a liberação, foram recuperados nestas avaliações, 932 e 19 espécimes de *D. longicaudata*, respectivamente. A interação entre distância e tempo observada, indica que a distância percorrida pelas fêmeas do parasitoide variou em função do tempo decorrido da liberação. As fêmeas parasitaram mais até o terceiro dia após a liberação e chegaram até o último raio avaliado, aos 135 m. Já no oitavo dia, as fêmeas ficaram restritas aos sete primeiros raios. No 15º dia após a liberação, o parasitismo foi baixo, sendo constatado em apenas quatro raios.

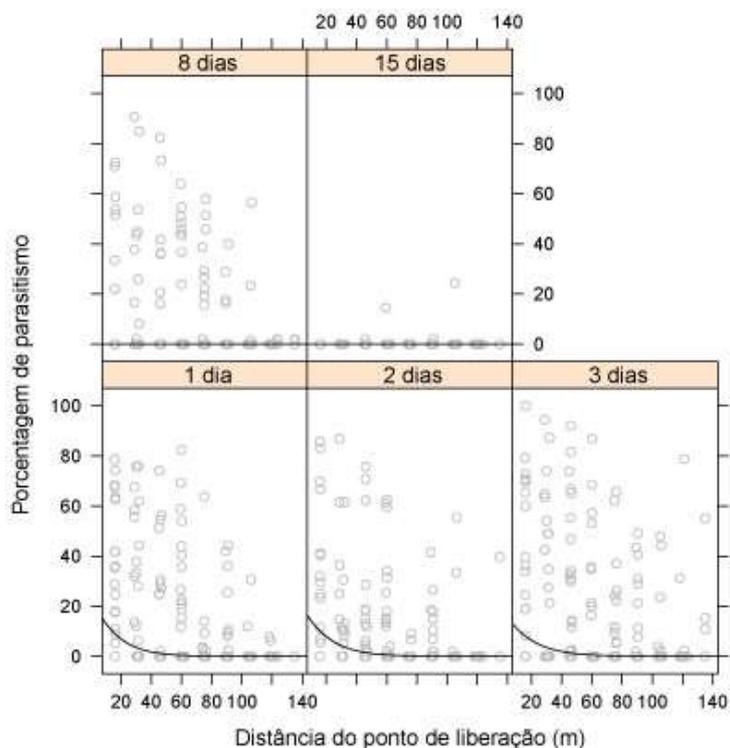


Figura 4. Porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitidis capitata* presentes em armadilha sentinela, em função das distâncias do ponto de liberação dos parasitoides em pomar de acerola e dos dias após a liberação, Petrolina, PE.

4.2.2.2 Em pomar de manga

A porcentagem de parasitismo de larvas de *C. capitata* por *D. longicaudata* em pomar de manga também variou significativamente com as distâncias e o tempo após a liberação, havendo interação entre esses fatores (Tabela 6). Além disso, foi constatado efeito da presença dos frutos de manga no pomar sobre o parasitismo e a interação do fator fruto com o fator tempo após a liberação, indicando que a variação da taxa de parasitismo em pomar com e sem a presença de frutos depende do tempo de liberação dos parasitoides.

Tabela 6. Análise de *deviance* do modelo selecionado pelo menor AIC para testar a porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função da distância e do tempo, em pomar de manga com e sem frutos.

Modelo AIC =2525,1	GL	<i>Deviance</i>	P
Distância (raio)	1	111,4182	< 0,0001
Frutos	1	7,23	<0,0071
Tempo avaliação	1	28,215	< 0,0001
Tempo avaliação ²	1	389,77	< 0,0001
Distância x (tempo avaliação ²)	1	35,97	< 0,0001
Fruto x (tempo avaliação ²)	1	15,02	<0,0001

O parasitismo reduziu à medida que o parasitoide se distanciou do ponto de liberação no pomar de manga (Figura 5). As maiores porcentagens de parasitismo foram observadas quando as larvas da mosca estavam nas armadilhas dispostas até o 3º raio, a cerca de 50 metros de distância do ponto de liberação. Entretanto, foi observado parasitismo de larvas de *C. capitata* nas armadilhas sentinela que estavam até no sexto raio de dispersão, a uma distância de 110 metros do centro de liberação.

As fêmeas do parasitoide apresentaram maior atividade nos três primeiros dias, mas parasitaram as larvas até o 8º dia após a liberação (Figura 5). Houve interação entre distância e tempo indicando que a distância percorrida pelas fêmeas (parasitismo nos raios) foi proporcional ao tempo da liberação, ou seja, fêmeas parasitaram em distâncias maiores com o passar do tempo, chegando até 110 metros (6º raio) do ponto de liberação no oitavo dia após serem liberadas.

Foi constatada maior porcentagem de parasitismo em larvas de *C. capitata* nas armadilhas sentinela quando os pomares de manga estavam sem frutos (Figura 5). Esse efeito variou ainda mais em função do tempo decorrido após a liberação do parasitoide. Em pomar sem frutos, o aumento do parasitismo foi mais acentuado até o terceiro dia após a liberação do parasitoide quando comparado às liberações no pomar com fruto. No oitavo dia a porcentagem de parasitismo foi mais baixa a ponto de não se observar diferença entre os pomares de manga com e sem frutos. Não houve parasitismo no 15º dia da liberação.

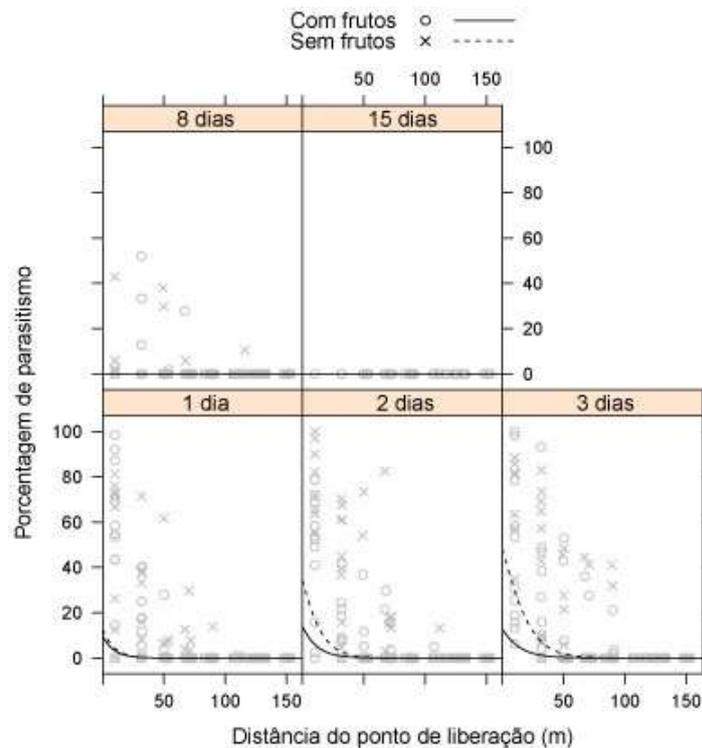


Figura 5 - Porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitidis capitata* presentes em armadilha sentinela, em função de suas distâncias do ponto de liberação dos parasitoides, em pomares de manga com e sem a presença de frutos, Petrolina, PE.

4.2.2.3 Comparação do parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitidis capitata* nas armadilhas sentinela dispostas nos pomares de acerola e manga

O parasitismo por *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata* variou entre as espécies de fruteira. Além disso, houve interação entre o fator fruteira e as distâncias do ponto de liberação dos parasitoides, bem como, fruteira e tempo após a liberação (Tabela 7), indicando que as taxas de parasitismos no decorrer do tempo e nas diferentes distâncias variaram em função da fruteira em que os parasitoides foram liberados.

Tabela 7. Análise de *deviance* do melhor modelo selecionado pelo menor AIC para comparar a porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função da distância e do tempo, em pomar de acerola e manga.

Modelo AIC =12313,2	GL	<i>Deviance</i>	P
Fruteira	1	20,96	< 0,0001
Distância (raio)	1	1059,72	< 0,0001
Tempo avaliação	1	59,51	< 0,0001
(Tempoavaliação^2)	1	1293,19	< 0,0001
Fruteira x distância	1	84,37	< 0,0001
Fruteira x tempo avaliação	1	371,87	< 0,0001
Fruteira x (tempo avaliação^2)	1	128,23	< 0,0001

Independente do raio, nas duas fruteiras o parasitismo foi maior nos três primeiros dias após a liberação dos parasitoides, atingindo o máximo de parasitismo no terceiro dia após a liberação (Figura 6). No pomar de manga, o parasitismo foi superior apenas no primeiro raio (10 metros) do ponto de liberação das fêmeas em comparação ao parasitismo no pomar de acerola neste raio (Figura 6). No entanto, no pomar de manga, o parasitismo reduziu com maior velocidade à medida que se distanciava do ponto de liberação, já em acerola essa redução com a distância ocorreu com menor velocidade e desta forma as fêmeas conseguiram parasitar mais em distâncias maiores. A interação entre fruteira e tempo após a liberação do parasitoide indica que no pomar de manga o comportamento dos parasitoides mudou em função do tempo, ou seja, as fêmeas parasitaram menos a partir do oitavo dia da liberação em comparação ao pomar de acerola e no 15º dia não parasitaram as larvas distribuídas no campo.

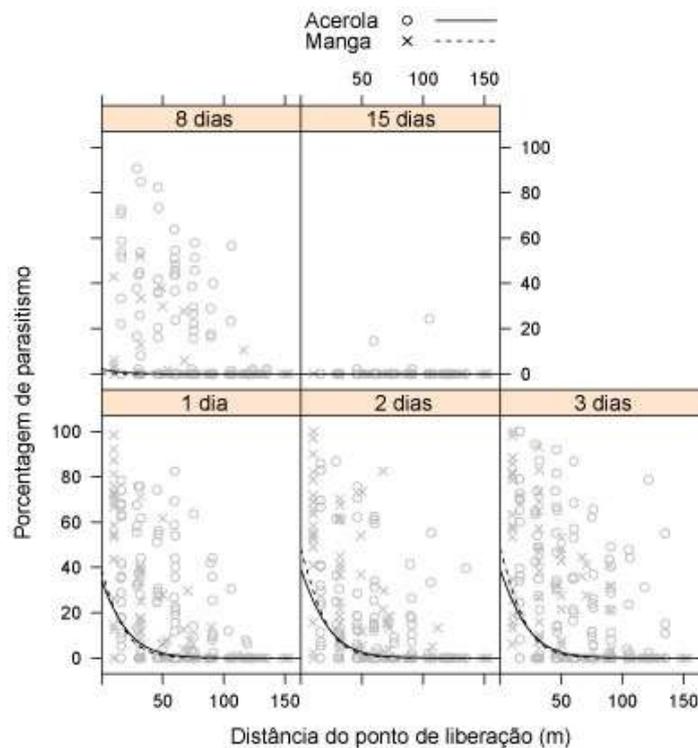


Figura 6. Porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitidis capitata* presentes em armadilha sentinela, em função das distâncias do ponto de liberação dos parasitoides, em pomares de acerola e manga, Petrolina, PE.

4.2.3 Estimativa da distância percorrida por *Diachasmimorpha longicaudata* para parasitar 50% e 90% das larvas de *Ceratitidis capitata* em pomares de acerola e manga

Na cultura da acerola, estima-se que as fêmeas de *D. longicaudata* percorreram 39,42 metros do ponto de liberação para parasitar 50% do total das larvas de *C. capitata* (Tabela 8). Ainda se utilizando o mesmo modelo matemático foi possível estimar que para parasitar 90% do total de larvas parasitadas as fêmeas do parasitoide percorreram 71,93 m de distância.

No pomar de manga constata-se que as fêmeas do parasitoide permaneceram por mais tempo próximas do ponto de liberação, comportamento esse que foi mais perceptível no pomar com frutos. Na ocasião, as fêmeas do parasitoide percorreram 5,21m do ponto de liberação para parasitarem 50% do total das larvas e percorreram 26,20 m para parasitar 90% do total das larvas (Tabela 8). No pomar de manga, na ausência de frutos, as fêmeas do parasitoide percorreram 21,33 m para parasitar 50% do total de larvas e uma distância de 42,39 m para parasitar 90% das larvas da mosca-das-frutas. A partir dessas distâncias, a porcentagem de parasitismo das larvas da mosca por *D. longicaudata* foi reduzindo à medida que o parasitoide se distanciava do ponto de liberação.

Tabela 8. Estimativa da distância percorrida por *Diachasmimorpha longicaudata* para parasitar 50% e 90% das larvas de *Ceratitis capitata* em pomar de acerola e manga com e sem frutos.

Porcentagem de parasitismo	Distância percorrida (m)		
	Pomar de acerola	Pomar de manga	
	-	Sem frutos	Com frutos
50%	39,42	21,33	5,21
90%	71,93	42,39	26,20
<i>Deviance: Distância</i>	124,28	135, 017	
<i>Deviance: Fruto</i>	-	10, 071	
Modelo	AIC= 8.262,9	AIC= 3.956,6	

4.2.4 Distância de dispersão (DM) e área de dispersão (S²) percorrida por *Diachasmimorpha longicaudata*

4.2.4.1. Em pomar de acerola

De acordo com o cálculo de Dobzhansky e Wright (1943), *D. longicaudata* atingiu nos pomares de acerola, dois dias após a liberação, uma distância de dispersão (DM) estimada de no máximo 83,7 m e uma área de dispersão (S²) de 9.821,8 m² (Tabela 9). Em média a distância e a área de dispersão percorrida por *D. longicaudata* aumentou ao longo do tempo até atingir o terceiro dia após a liberação. Cerca de uma semana após a liberação, constatou-se uma redução na distância média percorrida pelo parasitoide, apesar das fêmeas atingirem uma área de dispersão muito superior àquela observada para os primeiros dias após a liberação. Quinze dias após a liberação, as fêmeas já haviam percorrido em média uma distância de até 82,10 m e coberto uma área de dispersão de 7.284,54 m², no entanto, somente na terceira liberação.

Tabela 9. Distância média (DM) (m) e área de dispersão (S²) (m²) percorrida por *Diachasmimorpha longicaudata* após liberações em pomar de acerola. Petrolina, PE.

Data Liberação	Dias após a liberação									
	1		2		3		8		15	
	DM	S ²	DM	S ²	DM	S ²	DM	S ²	DM	S ²
03-out-2016	44,8	2.936,3	38,8	1.802,5	51,5	3.291,6	-	-	-	-
22-nov-2016	46,8	3.071,9	45,5	2.816,8	79,3	8.225,6	52,6	3.444,3	-	-
17-jan-2017	43,5	2.380,5	58,8	2.998,3	45,6	4.357,3	56,4	3.737,4	82,0	7.284,5
15-fev-2017	45,1	2.583,2	83,7	9.821,8	45,3	3.414,7	43,1	2.641,0	-	-
15-jan-2018	32,0	1.505,1	39,9	2.087,5	69,8	7.070,4	53,4	3.736,6	-	-
Média	42,4	2.495,4	53,6	3.905,4	58,3	5.271,9	51,3	3.389,8	82,1	7.284,5

4.2.4.2. Em pomar de manga

Na cultura da manga, após oito dias da liberação, as fêmeas de *D. longicaudata* atingiram uma distância de dispersão de no máximo 70 m e uma área de dispersão de 4.900,0 m² quando liberadas no pomar com frutos (Tabela 10). No entanto, em média a distância e a área de dispersão foram sempre superiores ao liberar o parasitoide no pomar sem fruto, em todos os dias avaliados. No pomar sem fruto, a maior DM percorrida e área de dispersão atingida pelas fêmeas do parasitoide foi observada aos oito dias após a liberação. Nesta ocasião, as fêmeas do parasitoide cobriram uma área de dispersão, cerca de duas vezes maior do que aquela observada no primeiro dia após a liberação. Não foi constatado parasitismo das larvas da mosca-das-frutas no 15º dia após a liberação.

Tabela 10 - Distância média (DM) (m) e área de dispersão (S²) (m²) percorrida pelo parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* após liberações em pomares de manga com e sem frutos. Petrolina, PE.

Data liberação	Dias após a liberação							
	1		2		3		8	
	DM	S ²	DM	S ²	DM	S ²	DM	S ²
	Com frutos							
06-set-2017	11,5	214,2	28,9	1.443,5	25,1	453,2	-	-
27-set-2017	19,0	1.564,9	30,0	1.564,9	56,8	2.965,1	30,4	923,6
17-out-2017	14,2	313,7	20,3	812,7	35,7	1.164,7	70,0	4.900,0
Média	14,9	697,6	26,4	1.273,7	39,2	1.527,6	50,2	2.911,3
	Sem frutos							
08-nov-2017	32,2	1.540,0	29,8	1.403,5	47,4	2.400,1	62,0	2.875,2
29-nov-2017	23,0	1.077,7	30,5	1.462,4	40,0	1.262,8	60,7	3.914,0
Média	27,6	1.308,5	30,2	1.432,9	43,7	1.831,0	61,3	3.394,6

4.2.5 Direção da dispersão

4.2.5.1 Em pomar de acerola

Foi constatado, por meio do teste de contraste entre as direções tomadas por *D. longicaudata* após a liberação, que este parasitoide apresentou um comportamento de dispersão que possibilitou a formação de três agrupamentos diferentes (Figura 7A). A partir da porcentagem de parasitismo registrada em cada direção, foi possível construir um “*Rose diagram*” (Figura 7B). Esse último permite a melhor visualização das direções tomadas pelas fêmeas do parasitoide. Houve maior parasitismo no início do segundo quadrante, que equivale à direção nordeste o que indica que o parasitoide se dispersou mais para essa direção (Figura 7B).

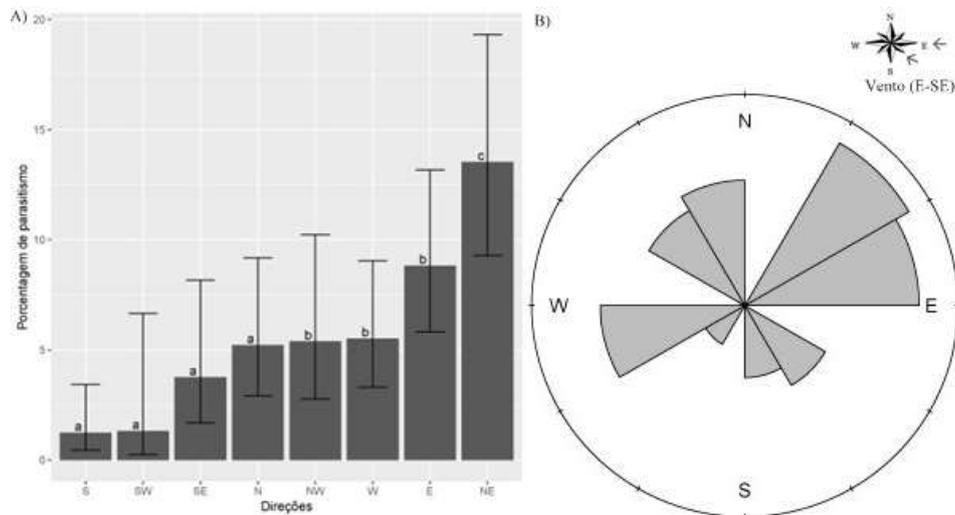


Figura 7. Gráfico de distribuição do parasitismo nas direções (A) e “Rose diagram” (B) para as direções de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* após liberação em pomar de acerola, Petrolina- PE. Na figura A, as médias seguidas de mesmas letras, nas barras, representam taxas de parasitismo semelhantes ($p < 0,05$). Na figura B está representada a direção do vento na região no período de avaliação do experimento. Os modelos foram escolhidos a partir do menor valor de AIC.

4.2.5.2. Em pomar de manga

Para a cultura da manga, o teste de contraste permitiu a constatação de dois grupos de direção percorrida por meio das porcentagens de parasitismo das larvas de *C. capitata* por *D. longicaudata* (Figura 8A). A análise circular aplicada agrupou as direções em graus com valores equidistantes de acordo com a frequência de parasitismo observada, sendo possível representar o parasitismo em todas as direções de dispersão. Houve maior porcentagem de parasitismo nas direções SE, S, NW, NE e SW (Figura 8A e B).

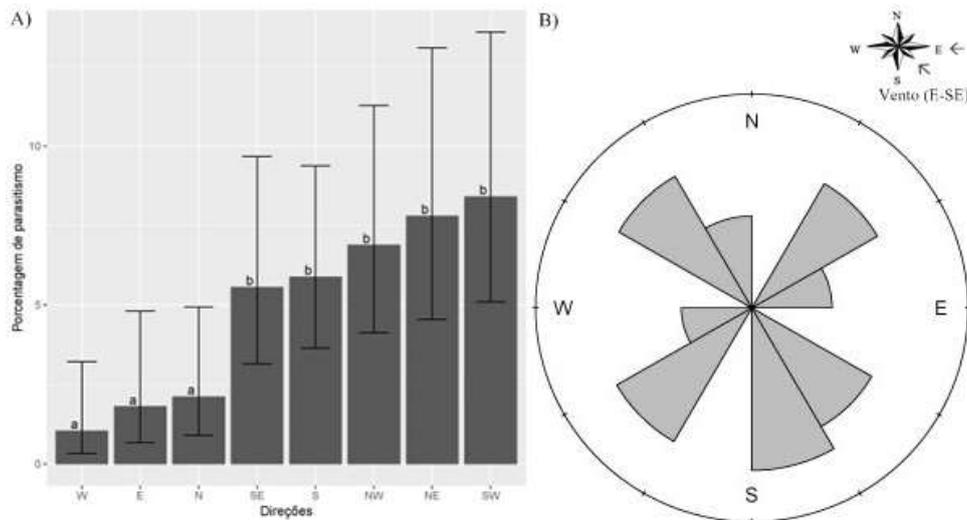


Figura 8. Gráfico de distribuição do parasitismo nas direções (A) e “Rose diagram” (B) para as direções de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* após a liberação em pomar de manga, Petrolina- PE. Consta na figura, as direções do vento da região, observado no período de avaliação do experimento. Modelos escolhidos pelo menor valor de AIC. Letras iguais nos gráficos representam taxas de parasitismo semelhantes entre as direções ($p < 0,05$).

4.2.6 Mortalidade de larvas de *Ceratitis capitata* nas armadilhas sentinelas

A mortalidade das larvas e pupários oferecidas em armadilhas sentinelas foi avaliada em função da distância percorrida pelo parasitoide nos pomares, mais não foi comparada em função do tempo após a liberação. Isso porque as larvas hospedeiras foram trocadas a cada dia para avaliar o parasitismo.

A mortalidade de larvas e pupários de *C. capitata* em armadilhas sentinelas no pomar de manga foram maiores que a observada em acerola ($AIC = 5851,2$; $Deviance = 63,89$; $p < 0,05$) (Figura 9). A maior mortalidade larval e pupal observada nos dois pomares foram mais significativas nos primeiros 60 metros do ponto de liberação. No entanto, em ambas as fruteiras, em todas as distâncias avaliadas, a porcentagem de larvas de *C. capitata* mortas foi inferior a 10,0%.

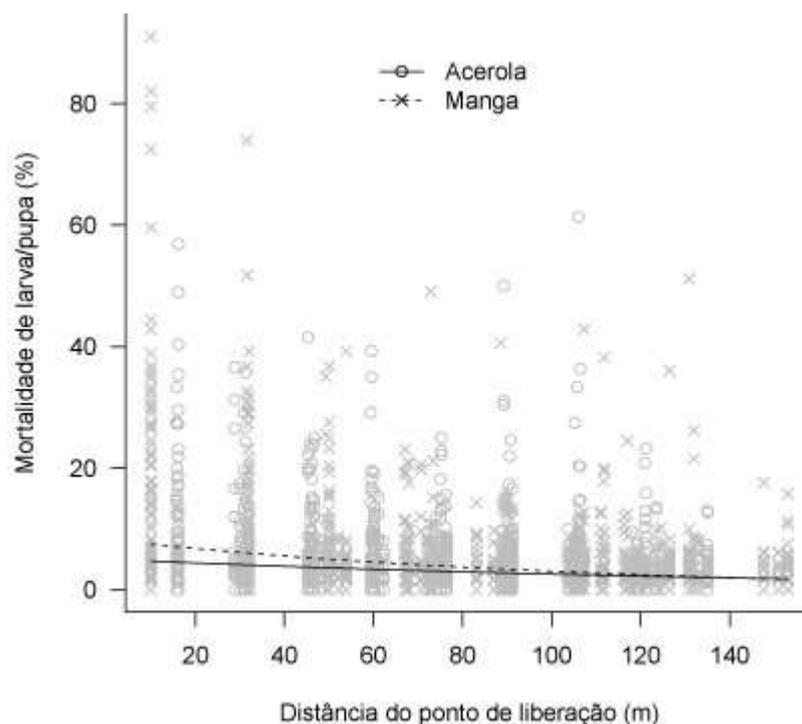


Figura 9. Mortalidade de larvas e de pupários de *Ceratitidis capitata* oferecidas por meio de armadilhas sentinela, a *Diachasmimorpha longicaudata*, liberados nos pomares de acerola e manga.

4.2.6 Influência dos fatores ambientais na dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata*

Não foi constatada a ocorrência de chuvas no período em que *D. longicaudata* foi liberado nos pomares de acerola e de manga, por esse motivo não foi avaliado o efeito deste fator na dispersão do parasitoide.

4.2.6.1 Em pomar de acerola

Não houve efeito significativo do fator ecológico amplitude térmica sobre o parasitismo de larvas de *C. capitata* por fêmeas de *D. longicaudata*, quando estas foram liberadas no pomar de acerola (Tabela 11). No entanto, houve interação significativa entre a distância percorrida pelo parasitoide e a amplitude térmica, ou seja, a amplitude térmica não foi um fator responsável pelo aumento ou redução do parasitismo das fêmeas, no entanto, influenciou na distância percorrida por elas. Quando as fêmeas de *D. longicaudata* foram liberadas em pomar de acerola, parasitaram em maiores distâncias com o aumento da amplitude térmica (Figura 10A).

A velocidade do vento afetou tanto o parasitismo de larvas por fêmeas de *D. longicaudata* como a distância percorrida por elas. Foi constatado efeito significativo da velocidade do vento sobre o parasitismo e interação dos fatores distância e velocidade do vento (Tabela 11). As fêmeas do parasitoide parasitam mais as larvas da mosca e atingiram maiores distâncias quanto menor foi a velocidade do vento (Figura 10B).

Tabela 11. Análise de *Deviance* e modelo selecionado pelo menor AIC usado para avaliar os efeitos dos fatores climáticos sobre a porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função das distâncias percorridas pelo parasitoide em pomar de acerola.

Modelo AIC =7.806,2	Amplitude térmica (C°)		
	GL	<i>Deviance</i>	P
Distância (raio)	1	115,8148	< 0,0001
Distância x amplitude	1	11,9702	0,0005
Modelo AIC =7.720,7	Velocidade do vento (m/s)		
Distância (raio)	1	116,496	< 0,0001
Velocidade do vento	1	43,458	< 0,0001
I (velocidade do vento ²)	1	20,993	< 0,0001
Distância x velocidade do vento	1	11,034	< 0,0008
Distância x (velocidade do vento ²)	1	16,700	< 0,0001

Foram apresentados nesta tabela somente os resultados das análises dos fatores que foram significativos ($p < 0,05$) e aqueles que apresentaram interação significativa.

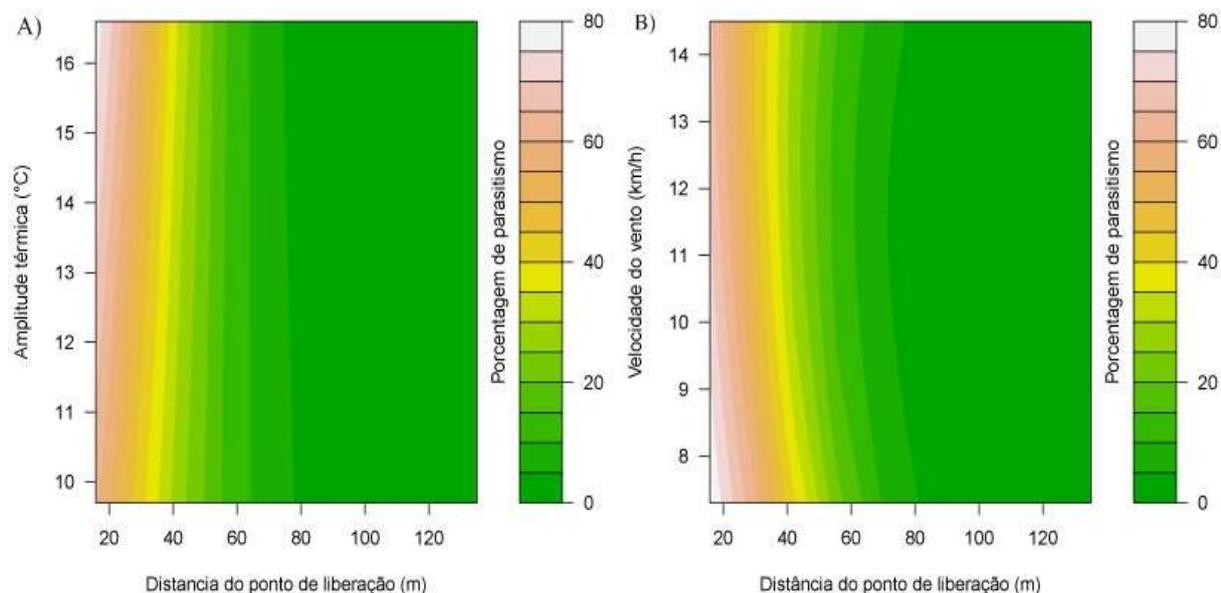


Figura 10. Efeito da amplitude térmica (A) e velocidade do vento (B) sobre a porcentagem de parasitismo de larvas de *Ceratitidis capitata* por *Diachasmimorpha longicaudata* nas diferentes distâncias do ponto de liberação do parasitoide, em pomar de acerola, Petrolina, PE.

4.2.6.2 Em pomar de manga

Em pomar de manga, houve significância do fator amplitude térmica sobre o parasitismo de larvas de *C. capitata* por fêmeas de *D. longicaudata* após serem liberadas (Tabela 12). Não foram constatadas interações significativas entre os fatores distância e amplitude térmica e da amplitude térmica e presença ou ausência de frutos no pomar (Tabela 12). As fêmeas do parasitoide parasitaram mais as larvas da mosca com o aumento da amplitude térmica tanto nas liberações realizadas no pomar sem fruto como no pomar com fruto (Figura 11A e B).

A velocidade do vento afetou o parasitismo de larvas de *C. capitata* por fêmeas do parasitoide no pomar de manga (Tabela 12). Também foi constatada interação entre a velocidade do vento e o fator fruto no pomar, ou seja, o parasitismo por fêmeas do parasitoide nos pomares com e sem frutos variou em função da velocidade do vento. Fêmeas de *D. longicaudata* parasitaram mais larvas de *C. capitata* em pomares de manga sem frutos quando a velocidade do vento estava menor, entre 8,5 km/h a 9,5 km/h (Figura 11C). No pomar com frutos, as fêmeas do parasitoide parasitaram mais larvas da mosca quando a velocidade do vento estava maior, em torno de 12 km/h (Figura 11D).

Tabela 12. Análise de *Deviance* para determinar o modelo mais adequado selecionado pelo menor AIC que foi usado para testar os efeitos dos fatores climáticos na porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função das distâncias percorridas pelo parasitoide em pomares de manga, com ou sem frutos no momento da liberação.

Modelo AIC =3783,4	Amplitude térmica (C°)		
	GL	<i>Deviance</i>	P
Amplitude	1	151,16	0,0005
Distância (raio)	1	136,13	< 0,0001
Fruto	1	6,59	0,010
Modelo AIC =3371,0	Velocidade do vento (m/s)		
Distância (raio)	1	143,85	< 0,0001
Fruto	1	2,51	0,112
Velocidade do vento	1	40,74	< 0,0001
Velocidade do vento ²	1	4,28	< 0,0001
Fruto x velocidade do vento	1	97,05	< 0,0008
Velocidade do vento x (velocidade do vento ²)	1	312,68	0,0001

Foram mantidos os fatores que foram significativos ($p < 0,05$) e aqueles que apresentaram interação significativa.

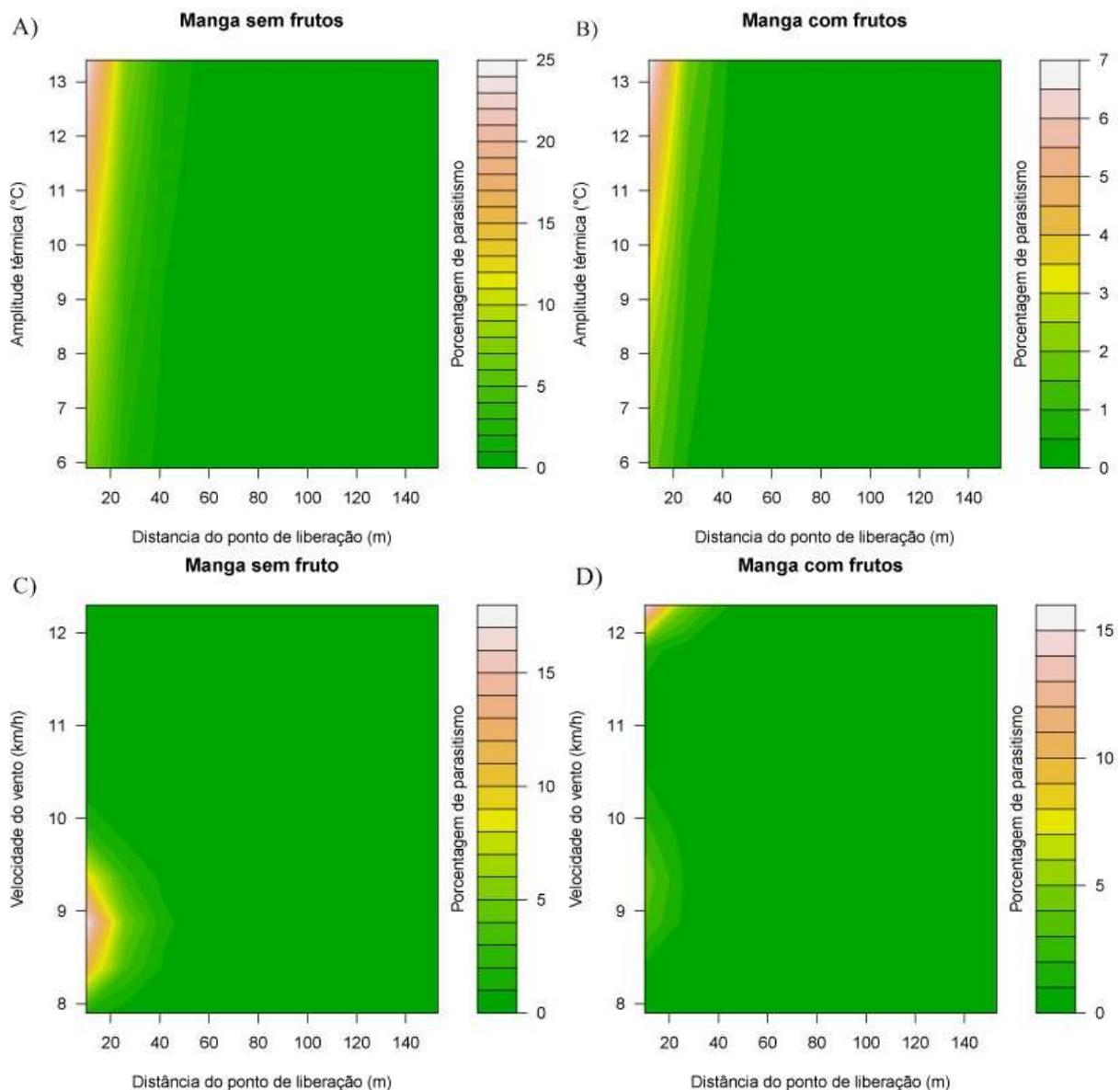


Figura 11. Efeito da amplitude térmica em pomares de manga sem frutos (A) e com frutos (B) e da velocidade do vento em pomares sem frutos (C) e com frutos (D) sobre a porcentagem de parasitismo de larvas de *Ceratitis capitata* por *Diachasmimorphalongicaudata* nas diferentes distâncias do ponto de liberação, Petrolina, PE.

4.2.6.3 Influência dos fatores ambientais na dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomares de acerola x manga

Como vimos no tópico anterior, a dispersão de *D. longicaudata* foi influenciada pela amplitude térmica no pomar de acerola e manga. No entanto, ao comparar o efeito da amplitude térmica sobre o parasitismo nos dois pomares, constatou-se interação dupla entre a amplitude térmica e a fruteira avaliada, bem como a interação tripla entre amplitude térmica,

fruteira avaliada e a distância percorrida pelas fêmeas do parasitoide (Tabela 13). Esse resultado indica que a amplitude térmica pode influenciar na distância percorrida por fêmeas do parasitoide, no entanto, esse efeito depende da fruteira avaliada. Quanto maior a amplitude, maior a distância percorrida por fêmeas do parasitoide, e esse efeito foi maior no pomar de acerola. Amplitudes em torno de 16°C levaram o aumento das taxas de parasitismo até 40 m do ponto de liberação no pomar de acerola (Figura 12A), já no pomar de manga, essa mesma amplitude, resultou em altas taxas de parasitismo apenas até 35 m do ponto de liberação (Figura 12B).

Também foi constatada interação significativa entre os fatores, espécie de fruteira e a velocidade do vento sob o parasitismo de larvas de mosca por fêmeas de *D. longicaudata* (Tabela 13). O aumento da velocidade do vento na cultura da acerola afetou menos o parasitismo do que na cultura da manga. No pomar de acerola, por exemplo, o parasitismo de larvas da mosca nos dois primeiros raios ainda se manteve elevado aos 13 km/h de velocidade (Figura 12A), já no pomar de manga, o parasitismo caiu drasticamente a partir dessa velocidade (Figura 12B).

Tabela 13. Análise de *Deviance* para determinar o modelo mais adequado selecionado pelo menor AIC que foi usado para comparar os efeitos dos fatores climáticos na porcentagem de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Ceratitis capitata*, em função das distâncias percorridas pelo parasitoide em pomar de acerola e de manga.

Modelo AIC =15.446,3	Amplitude térmica (C°)		
	GL	<i>Deviance</i>	P
Amplitude	1	10,33	0,0013
Fruteira	1	23,02	< 0,0001
Distância (raio)	1	1.094,21	< 0,0001
Distância x amplitude	1	69,13	< 0,0001
Amplitude x fruteira	1	19,18	< 0,0001
Distância x amplitude x fruteira	1	5,14	0,023
Modelo AIC =15.019,7	Velocidade do vento (m/s)		
Fruteira	1	20,80	< 0,0001
Distância (raio)	1	1.072,66	< 0,0001
Velocidade do vento	1	200,55	< 0,0001
Distâncias x fruteira	1	79,20	< 0,0001
Fruteira x velocidade do vento	1	128,23	< 0,0001
Distância x (velocidade do vento ²)	1	45,28	< 0,0001

Somente foram apresentados nesta tabela os resultados das análises dos fatores que foram significativos ($p < 0,05$) e aqueles que apresentaram interação significativa.

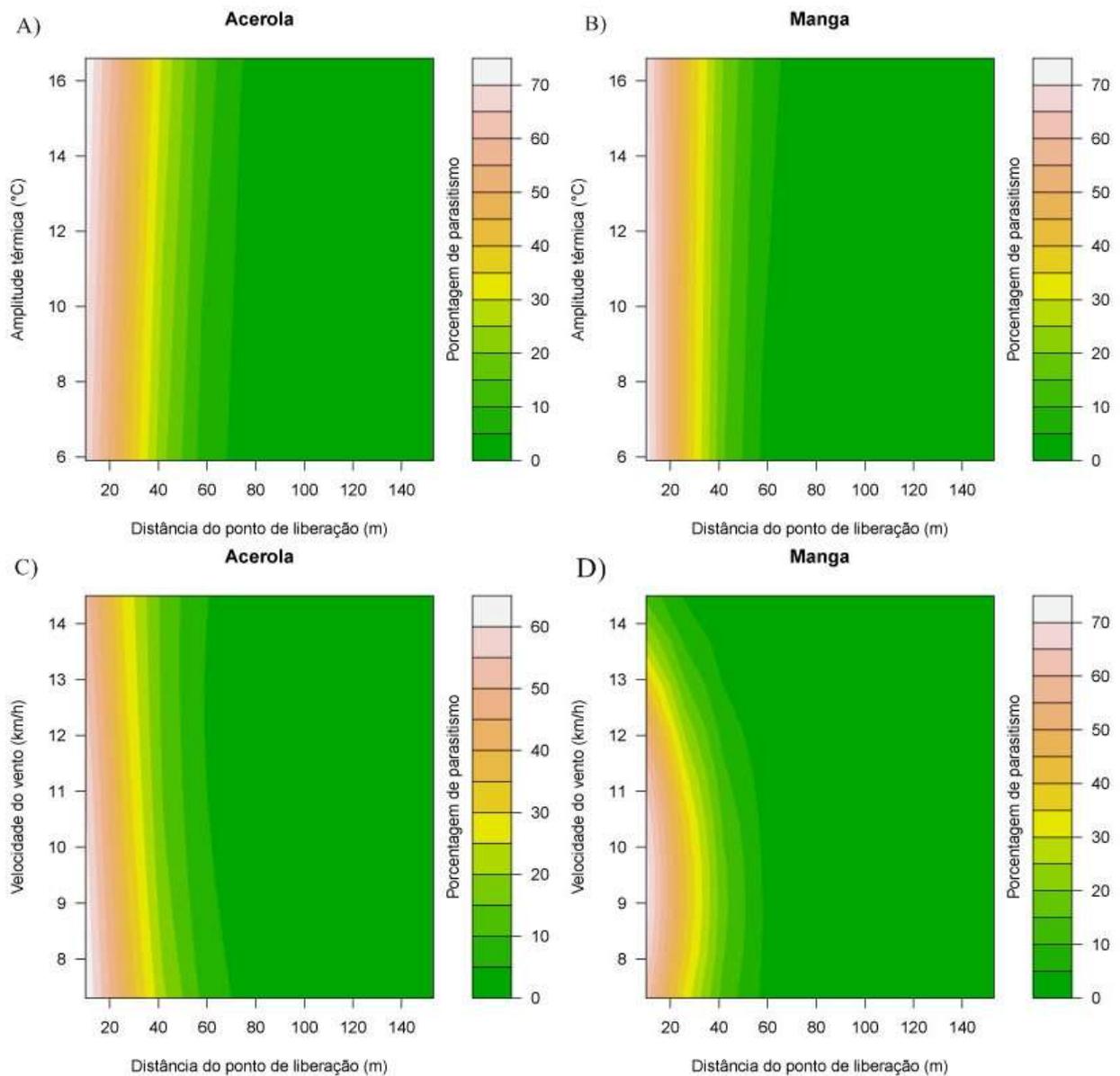


Figura 12. Efeito da amplitude térmica na comparação do parasitismo de larvas de *Ceratitis capitata* por *Diachasmimorpha longicaudata* em pomar de manga (A), em pomar de acerola (B) e na velocidade do vento no pomar de manga (C) e no pomar de acerola (D), nas diferentes distâncias do ponto de liberação percorridas pelo parasitoide, Petrolina, PE.

5 DISCUSSÃO

Neste estudo, tanto na avaliação da capacidade de parasitismo por meio da liberação dos parasitoides e coleta de frutos, como na avaliação da dispersão do parasitoide por meio das armadilhas sentinela distribuídas no pomar, não foram coletados nenhuma espécie de parasitoide nativo nos frutos de acerola e de manga. Como em regiões semiáridas o parasitismo natural é baixo, principalmente devido às condições climáticas adversas (ALVARENGA et al., 2005), provavelmente durante as liberações e avaliações estes parasitoides não estavam presentes nos pomares avaliados e por isso não foram obtidos. Frequentemente, o parasitoide nativo mais encontrado em levantamentos de moscas-das-frutas nas várias regiões avaliadas no Brasil é o braconídeo *Doryctobracon areolatus* (CARVALHO, 2005), a qual parece ter preferência por larvas do gênero *Anastrepha* spp. (BOMFIM et al., 2010).

Na região do Vale do Rio São Francisco (pólo Petrolina-Juazeiro), apenas 0,9% da população de moscas-das-frutas coletadas em fruteiras pertence ao gênero *Anastrepha* e 99,1% pertence a espécie *C. capitata* (SANTOS, 2013). Segundo Paranhos (2005) o aumento na população de *C. capitata* pode ter levado a um deslocamento de espécies de *Anastrepha*, fato que tem sido observado desde 1998 na região do Vale do Rio São Francisco. Assim, neste trabalho, a não constatação da presença do parasitoide *D. areolatus* na área experimental, possivelmente se deva a inexistência de espécies de *Anastrepha* na área, espécie preferida por esse parasitoide, como explicado por Bomfim et al. (2010).

5.1 Capacidade de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre moscas-das-frutas infestando frutos de acerola e manga

Neste trabalho foram recuperados 13 espécimes de *D. longicaudata* obtidos a partir das coletas de frutos de acerola e 43 em frutos de manga, decorrentes das liberações desse parasitoide realizadas nestes pomares (Tabela 3 e 4). A recuperação desses espécimes indica que *D. longicaudata* tem capacidade para forragear e parasitar larvas de *C. capitata* em frutos de acerola e manga na região semiárida. Apesar de *D. longicaudata* ter buscado e parasitado as larvas de *C. capitata*, o parasitismo em campo foi baixo e este fato é comumente observado em experimentos de liberação e recaptura de parasitoides. Em pomares de goiaba foram recuperados 37 espécimes de *D. longicaudata* após liberações sucessivas realizadas em dois pomares na região semiárida de Minas Gerais (ALVARENGA et al., 2005). No entanto, estes

autores liberaram aproximadamente 34.000 casais do parasitoide nestes pomares de goiaba. Em um estudo realizado em cafezal localizado na região semiárida do Norte de Minas, Camargos et al. (2016) recuperaram 20 parasitoides após liberarem 5.600 casais de *D. longicaudata*, ao longo de 14 liberações. Os estudos de Alvarenga et al. (2005) e Camargos et al. (2016) confirmam que *D. longicaudata* consegue completar seu ciclo de desenvolvimento nas condições semiáridas da região Norte de Minas Gerais, apesar do baixo número de adultos desse parasitoide recuperado por esses autores.

No México, em Chiapas, Montoya et al. (2017) recuperaram um total de 508 espécimes de *D. longicaudata* após liberarem 2.000 adultos por he em nove liberações em zonas marginais de pomares comerciais. Para recuperar os insetos, os autores coletaram, semanalmente, os frutos de manga, laranja e cajá, presentes em 15 ha, que estavam infestados por *Anastrephas* pp. Acredita-se que, o elevado número de parasitoides recuperados por Montoya et al. (2017), em relação a este trabalho esteja relacionado ao maior número de liberações e de parasitoides liberados por esses autores. Além disso, os autores recuperaram *D. longicaudata* em espécies de *Anastrepha*, que são os hospedeiros preferenciais dessa espécie de parasitoide. Já no presente estudo, utilizou-se como hospedeiro a espécie de mosca-das-frutas, *C. capitata*.

O baixo número de adultos de *D. longicaudata* recuperados em estudos de liberação e recaptura pode estar relacionado à preferência dessa espécie de parasitoide por larvas de terceiro instar de moscas-das-frutas. Nos pomares de frutas, nessa idade a larva da mosca pode já estar saindo do fruto hospedeiro para pupar no solo e o parasitoide pode parasitar o inseto neste momento. Assim essas larvas parasitadas que migram para o solo podem não ter sido amostradas. Se assim for, quando a metodologia de avaliação da porcentagem de parasitismo das larvas da mosca é obtida somente a partir da coleta de frutos na planta e no solo, os resultados da pesquisa podem estar sendo subestimados. Além disso, neste estudo frutos que se encontravam em avançado estágio de maturação não foram coletados, pois estavam muito apodrecidos e difíceis de serem manuseados após a coleta. Esses frutos provavelmente estavam infestados com larvas de terceiro instar da mosca-das-frutas. Se isso realmente aconteceu, é possível que o número de parasitoides recuperados neste trabalho esteja subestimado.

Greany et al. (1977) explicam que a maior atração das fêmeas por frutos em avançado estágio de maturação se deve a presença dos compostos voláteis originários do processo de decomposição e de substâncias produzidas pelos fungos que podem crescer nestas frutas durante o apodrecimento. Além disso, segundo Sivinskiet al(1996), a retirada de frutos do

campo durante as amostragens pode diminuir o período em que as larvas da mosca estão suscetíveis ao ataque do parasitoide, o que também pode resultar em um parasitismo subestimado.

A constatação da ocorrência de parasitismo em larvas de moscas-das-frutas infestando frutos no campo pode ser um bom indicativo de que a metodologia de liberação de parasitoides e coleta de frutos para a recaptura destes parasitoides é eficiente. Com essa metodologia é possível avaliar a presença ou a capacidade de uma espécie de parasitoide em parasitar ou não as larvas da mosca presentes nos frutos de uma determinada espécie de fruteira. No entanto, pode não ser eficiente para mensurar a eficácia dos parasitoides liberados, sendo a melhor medida, usar a metodologia de levantamento da população inicial da praga antes e após a liberação dos parasitoides.

Nesse estudo, a porcentagem de parasitismo de larvas de *C. capitata* infestando frutos de acerola e de manga foi semelhante entre as fruteiras, 7,8% e 5,3%, respectivamente (Tabelas 5 e 6), indicando que apesar dessas fruteiras apresentarem características diferentes ambas pode servir como hospedeira para essa espécie de parasitoide. As características da fruteira que podem refletir na taxa de parasitismo podem ser: tamanho dos frutos, textura, espessura do epicarpo, a presença de compostos atraentes/repelentes ou outros tipos de sinais químicos que podem ser utilizados pelo parasitoide e que estão envolvidos no processo de busca e adequação hospedeira (VET; DICKE, 1992; ZADRA et al.,2018).

Alguns autores relatam que os frutos grandes, por exemplo, podem oferecer uma maior proteção às larvas das moscas-das-frutas, em função da quantidade de polpa e casca que apresentam o que pode dificultar o encontro entre parasitoide e a larva hospedeira (COELHO, 2017; CUNHA et al., 2011; SIVINSKI et al., 1997). Montoya et al. (2000) realizaram liberações de *D. longicaudata* para avaliar a redução da população de *Anastrepha* spp. em pomares comerciais de manga, em pomares de quintal e na vegetação nativa, por um período consecutivo de dois anos. Os autores observaram que ocorreram altas taxas de parasitismo em frutos de manga, porém, apenas nas variedades em que os frutos são menores, como a variedade crioula. Os autores verificaram que, em todas as fruteiras o parasitismo de larvas por *D. longicaudata* foi maior em frutos pequenos que possuíam sementes grandes, como a ameixeira e a manga crioula.

Neste estudo, a variedade utilizada (Tommy) apresenta frutos grandes, com comprimento aproximado de 12 cm, largura de 10 cm e com peso entre 400 e 700 g (MARTIM, 2006), no entanto o tamanho dos frutos nos pomares de manga parece não ter sido um fator determinante para a ocorrência de parasitismo das larvas da mosca por *D.*

longicaudata, quando comparado aos frutos de acerola, que são bem menores. Duas hipóteses podem explicar o sucesso encontrado em frutos de manga da variedade Tommy neste estudo e o parasitismo apenas em frutos pequenos de manga observado por Montoya et al. (2000). A primeira hipótese está relacionada a atratividade que algumas fruteiras possuem para o parasitoide, isso devido à presença de voláteis em seus frutos, flores ou pela cor de suas flores e frutos (SEGURA et al., 2012).

Neste estudo, o parasitoide foi liberado em pomares comerciais (sob monocultivo), o que não permitiu às fêmeas escolherem entre as diferentes fruteiras, como relatado no estudo realizado por Montoya et al. (2000). Estes autores liberaram o parasitoide em pomares diversificados, que continham laranjeiras, toranjeiras, variedades de mangueiras, goiabeiras, etc. Assim, as fêmeas do parasitoide tiveram a chance de escolha e dessa forma, podem ter apresentado preferência por uma determinada espécie de fruteira, ou podem ter parasitado mais devido aos níveis mais elevados de infestação da mosca, que podem ter variado de fruteira para fruteira. Por esse motivo, neste estudo o monocultivo de manga pode ter favorecido a ocorrência do parasitismo de larvas da mosca encontrada nos frutos.

A segunda hipótese está relacionada à mobilidade das larvas da mosca dentro dos frutos hospedeiros. Esta mobilidade pode estar associada ao conteúdo interno do fruto e, que pode variar em função da variedade da mangueira avaliada. Acredita-se que, os elevados teores de fibra em frutos de manga estejam associados à firmeza da sua polpa, o que pode interferir na mobilidade das larvas no seu interior. Por esse motivo, as larvas podem ficar mais próximas ao epicarpo, e com isso, podem ser mais facilmente parasitadas nestes frutos e, diferentemente em outras variedades que possuem menores teores de fibra. A variedade Tommy, por exemplo, possui polpa mais firme e teor de fibra considerado médio a baixo, quando comparada a outras variedades comerciais (COSTA; SANTOS, 2004).

Neste estudo, essa característica do fruto pode ter favorecido o parasitismo das larvas da mosca por *D. longicaudata*, quando se compara aos resultados encontrados por Montoya et al. (2000) que avaliaram o parasitismo de larvas da mosca por *D. longicaudata* em variedades crioulas como Manila, Atalfo e Amate. Além disso, algumas variedades podem apresentar cascas mais espessas, o que pode ter dificultado o parasitismo das larvas da mosca. Dessa forma, podemos sugerir que *D. longicaudata* consegue completar seu ciclo em frutos grandes de manga, porém outras características devem ser levadas em consideração, como teor de fibra, água, óleo na casca, entre outros. Esses podem ser fatores que interferem bem mais no parasitismo do que o tamanho em si do fruto.

5.2 Padrão de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomares comerciais de acerola e manga

Neste trabalho, *D. longicaudata* se dispersou e apresentou capacidade de forragear e parasitar as larvas de *C. capitata* nas armadilhas sentinela distribuídas nos pomares de acerola e manga. Para os dois pomares, as fêmeas do parasitoide foram mais ativas nos primeiros três raios constituídos na área experimental e localizados a cerca de 45m e 50m de distância do ponto de liberação de *D. longicaudata*. Fêmeas de *D. longicaudata* também foram mais ativas nos três primeiros dias após a liberação, tanto na cultura da acerola como na cultura da manga. Camargos et al. (2018) também observaram maior atividade das fêmeas do parasitoide até o terceiro dia após a liberação em pomar de goiaba, no semiárido mineiro. A ocorrência de maior porcentagem de parasitismo nos primeiros raios observada neste estudo, também já foi observada por outros autores em estudos realizados na região Sudeste do país quando estudavam a dispersão de *D. longicaudata* em cafezal (CAMARGOS et al., 2016), goiabeira (CAMARGOS et al., 2018) e em pomares de citros (PARANHOS et al., 2007).

Segundo Geremias e Parra (2014), os parasitoides ao serem liberados parasitam mais nos primeiros raios porque ao percorrerem distâncias maiores e aumentarem sua área de busca podem morrer naturalmente no decorrer da dispersão. Em relação ao tempo, parasitam menos a partir do terceiro dia, provavelmente devido ao avanço na idade, além disso, podem morrer de fome, de sede ou mesmo serem predados por um inimigo natural. Fahrner et al. (2014) constataram para a espécie *Tetrastichus planipennis* (Yang) (Hymenoptera: Eulophidae) que os parasitoides mais velhos, especialmente aqueles sem alimentação, acesso a carboidratos e água, apresentaram capacidade de vôo reduzida e menor probabilidade de sobreviver. As fêmeas de *D. longicaudata*, por exemplo, são mais ativas e eficientes no parasitismo de larvas de moscas-das-frutas quando estão com idade de cinco a 12 dias em laboratório (WALDER, 2002). Por esse motivo, neste estudo foram liberados parasitoides com cinco a seis dias de idade. Desta forma, nas avaliações realizadas a partir do oitavo dia após a liberação do parasitoide, as fêmeas de *D. longicaudata* se encontravam com mais de 13 dias de vida, fato que pode ter acarretado a uma redução da capacidade do inseto em parasitar. Esta pode ser uma justificativa para as baixas porcentagens de parasitismo observadas neste trabalho a partir do oitavo dia após a liberação.

A ocorrência de maior atividade das fêmeas do parasitoide nos três primeiros raios pode ter contribuído para a maior mortalidade das larvas da mosca oferecidas aos parasitoides neste estudo, para as duas fruteiras. O aumento da atividade da fêmea nesses primeiros raios

pode ter levado ao aumento do superparasitismo nas larvas da mosca e, conseqüentemente, ter provocado a maior mortalidade do hospedeiro nestes locais. O período de exposição das larvas da mosca ao parasitoide foi de 24 horas, o que pode ter facilitado a ocorrência do superparasitismo, fato comumente observado para esta espécie de parasitoide (ALTAFINI et al., 2013; MONTOYA et al., 2012). Em criação massal, por exemplo, González et al. (2007) observaram que a emergência do parasitoide foi menor quando as larvas da mosca foram superparasitadas, que foi constatada pelos autores por meio das cicatrizes observadas no pupário do hospedeiro.

A mortalidade das larvas oferecidas ao parasitoide foi maior no pomar de manga, quando comparado ao pomar de acerola. Esse resultado pode estar associado às alterações do microclima no interior de cada um dos pomares. Estas alterações podem ter sido influenciadas, principalmente, por características como o espaçamento entre as plantas, a arquitetura da fruteira, a altura da copa, etc. Essas características podem ter favorecido a penetração dos raios solares e, com isso o aumento na temperatura do local, além da redução na umidade relativa da área. Essas ocorrências podem ter levado a um maior ressecamento das larvas e dieta dentro das armadilhas sentinela, o que pode ter causado a morte de maior número de larvas nas armadilhas no pomar de manga.

No presente estudo analisou-se o efeito da presença de frutos no pomar de manga, buscando compreender a importância da presença desses frutos sobre a metodologia de avaliação da dispersão do parasitoide. Para a realização deste estudo partiu-se do pressuposto de que alguns parasitoides se agregam mais em fragmentos com alta densidade de hospedeiros (UMBANHOWAR et al., 2003; WHITE; ANDOW, 2005). Teoricamente, isso poderia levar a um maior número de parasitoides e níveis mais elevados de parasitismo em locais com maior disponibilidade de hospedeiros. Avaliar a dispersão por meio de armadilhas sentinela em pomar sem frutos poderia reduzir o efeito de manchas com maior disponibilidade hospedeira. Por outro lado, a falta de estímulos do fruto hospedeiro poderia não representar uma situação real de um pomar infestado, e isso poderia levar a uma maior ou menor taxa de parasitismo, afetando na dispersão.

Ao avaliar a dispersão dos parasitoides por meio das armadilhas sentinela instaladas em pomar com frutos, dois possíveis resultados poderiam ser esperados: a) os parasitoides poderiam ser mais atraídos pelo fruto hospedeiro infestado naturalmente e, conseqüentemente, o parasitismo nas armadilhas sentinela seria reduzido ou afetaria na dispersão; b) os parasitoides poderiam apresentar aprendizagem associativa e desta forma preferir as larvas dispostas nas armadilhas sentinela, tal como foram criados em laboratório. No entanto, neste

estudo, as fêmeas parasitaram menos as larvas de *C. capitata* expostas por meio das armadilhas sentinela instaladas no pomar quando havia frutos do que no período em que foram instaladas no pomar sem frutos. Possivelmente, os frutos no pomar de manga estavam infestados por *C. capitata*, já que os níveis de infestação desta praga (avaliados por meio de armadilhas tipo delta neste estudo) mantiveram-se elevados no período em que havia frutos no pomar. Assim, fêmeas de *D. longicaudata* podem ter preferido parasitar larvas de *C. capitata* presentes nesses frutos infestados naturalmente. Isso pode ter reduzido a porcentagem de parasitismo das larvas da mosca que estavam no interior das armadilhas sentinela, quando distribuídas em pomar com frutos, indicando que pomares no período de frutificação devem ser evitados em experimentos que busquem avaliar a taxa de parasitismo por meio de armadilhas sentinela.

Para explicar os resultados obtidos neste estudo, com relação ao baixo parasitismo das larvas da mosca nas armadilhas sentinela instaladas nos pomares com frutos, pode-se embasar no processo de forrageamento de um parasitoide. O forrageamento é dividido em quatro etapas, a localização do habitat do hospedeiro, a localização do hospedeiro, a aceitação e a adequação do hospedeiro (VAN ALPHEN; VET, 1996). Para isso, os parasitoides se utilizam de estímulos do meio para localizar seus hospedeiros (GIUNTI et al., 2015), que podem ser pistas vibracionais emitidos pelas larvas dentro no fruto, ao se alimentarem (MEYHOFER; CASAS, 1999) como é o caso de *D. longicaudata*, e também de pistas olfativas (BENELLI ; CANALE, 2012) ou mesmo visuais (SEGURA et al., 2007). Parasitoides criados em laboratório sobre larvas de moscas criadas em dieta artificial, por várias gerações, podem modificar esse comportamento de forrageamento, como já observado em alguns inimigos naturais (BUENO et al., 2014). Esse comportamento pode estar relacionado, principalmente, com o encontro do parasitoide com o hospedeiro. Isso ocorre porque os parasitoides podem modificar sua forma de como interpretam as “pistas” de onde está o hospedeiro, por meio da experiência prévia, ou seja, da aprendizagem, que para *D. longicaudata* é a olfativa (RAINS et al., 2006). Apesar pesquisas demonstrarem que *D. longicaudata* apresenta evidências de aprendizado (RAINS et al., 2006; SEGURA et al., 2016), neste estudo isso não foi comprovado.

Neste trabalho, a comparação entre os pomares de acerola e manga, quanto ao parasitismo de larvas de *C. capitata* nas armadilhas sentinela por *D. longicaudata* demonstram que as fêmeas parasitaram mais no primeiro raio (10m), nos três primeiros dias após a liberação do inimigo natural. A partir dessa distância, o parasitismo foi semelhante nos dois pomares, no entanto, fêmeas foram mais ativas em distâncias maiores no pomar de

acerola. No oitavo e 15º dias, as fêmeas foram mais ativas em acerola, independente da distância do ponto de liberação do parasitoide. Quando se leva em consideração o parasitismo nas distâncias, na cultura da acerola estima-se que 90% do total das larvas parasitadas por *D. longicaudata* ocorreu em até 71,93m de distância do ponto de liberação. Para a cultura da manga, 90% das larvas de *C. capitata* presentes nas armadilhas sentinela foram parasitadas por *D. longicaudata* em até 42,39 m do ponto de liberação em pomares sem frutos e até 26,20 em pomar com frutos. Subtraindo a estimativa da distância atingida no pomar de acerola pela estimativa observada em pomar de manga sem a presença de frutos, constata-se que *D. longicaudata* dispersou, no mínimo, 29,5 m a mais para parasitar os 90% das larvas, quando comparada a sua liberação em pomar de manga.

Em relação ao tamanho da área percorrida pelos parasitoides constatada neste estudo, verificou-se que, o efeito da espécie de fruteira sobre a dispersão foi ainda mais perceptível. De acordo com o modelo proposto por Dobzhansky e Wright (1943), no pomar de acerola o parasitoide percorreu uma distância máxima de 83,0 metros e cobriu uma área de quase 1 ha, isso feito no segundo dia após uma de suas liberações. Na cultura da manga, as fêmeas do parasitoide atingiram uma distância máxima de dispersão de 70 metros e cobriram uma área máxima de dispersão de 4.900m² no oitavo dia após a liberação. Esse resultado indica que *D. longicaudata* no pomar de acerola se dispersou mais e com maior velocidade, ou seja, voaram maiores distâncias em menor tempo.

Vários são os fatores que podem influenciar a dispersão de um parasitoide no tempo e no espaço, dentre eles os fatores climáticos, a distribuição das plantas no pomar, a arquitetura da planta, dentre outros (GONTIJO et al., 2010). Para este trabalho, considera-se a arquitetura das plantas e sua distribuição no pomar como os principais fatores responsáveis pela diferença no padrão de dispersão de *D. longicaudata* encontrado nos pomares de acerola e manga. De acordo com Randlkofer et al. (2009), a arquitetura da planta ou a conectividade dos ramos, folhas etc, podem afetar a mobilidade dos parasitoides e tornar a busca pelo hospedeiro mais difícil.

Neste trabalho, estes fatores podem ter afetado diretamente na dispersão do parasitoide, além de ter alterado o microclima no interior dos pomares. Para a cultura da manga, o maior espaçamento entre fileiras e plantas, a altura das copas e a arquitetura das plantas, características inerentes a esse pomar, podem ter influenciado de forma negativa o microclima da área. Conseqüentemente, esses fatores podem ter favorecido uma maior incidência de raios solares no pomar e, com isso, um aumento na temperatura e redução na umidade relativa da área, o que pode ter reduzido a atividade de parasitismo das larvas de

mosca pelo parasitoide e sua capacidade de dispersão após a liberação. Além disso, esses fatores podem ter influenciado o comportamento de busca por água, alimento e pelo hospedeiro. Dessa forma, a possível falta de água e de alimento, associada às altas temperaturas e intensidade de raios solares, podem ter levado a uma redução na atividade de parasitismo das larvas da mosca por *D. longicaudata* nos locais mais distantes do ponto de liberação, além de reduzir a sobrevivência do inseto.

Embora as fêmeas de *D. longicaudata* tenham se dispersado em todas as direções no pomar de acerola, a análise do diagrama de rosas revelou que os insetos tiveram uma tendência em seguir para a direção nordeste (NE). Provavelmente essa tendência pode estar relacionada à orientação das linhas de plantio no pomar, as quais estavam instaladas no sentido nordeste/sudeste. Ou então pode ser devido à presença de uma mancha de vegetação de plantas invasoras localizada nas direções NE e E. Assim, as fêmeas de *D. longicaudata* podem, provavelmente, ter se direcionado no sentido das linhas de plantio e da mancha de plantas invasoras, presentes no pomar.

As ervas daninhas podem agir como uma cobertura do solo que reduz a perda de umidade (SALAH-EDDIN; WRATTEN, 2015), podem ainda, ser atrativas aos insetos benéficos (JERVIS et al., 1993), funcionando como abrigo e alimento destes (MARINO et al., 2006). Dessa forma, neste trabalho, os parasitoides podem ter se dirigido para as plantas daninhas em busca de um microclima favorável ou mesmo em busca de abrigo e alimento, o que pode ter alterado a direção do vôo na dispersão do inseto.

Neste trabalho, no pomar de manga as fêmeas de *D. longicaudata* se dispersaram para todas as direções, mas em destaque SE, S, NW, NE e SW. A constatação de uma dispersão do parasitoide mais homogênea na cultura da manga pode estar relacionada ao maior espaçamento existente entre plantas neste pomar, além da maior altura das copas, o que permitiu aos insetos se dispersarem entre as linhas das plantas dispostas nas direções SE-NW e nas fileiras, dispostas na direção SW-NE. Ainda em relação a este pomar, o fato das fêmeas do parasitoide terem ficado mais restritas as armadilhas sentinela localizadas mais próximas ao ponto de sua liberação pode ter levado estas a não demonstrar preferência por uma das direções avaliadas. Coutinho (2012) realizou liberações de *D. longicaudata* em área de café localizadas no norte de Minas Gerais e verificou também que as fêmeas do parasitoide se dispersaram em todas as direções após a liberação. Entretanto, segundo o autor, elas demonstraram preferência por parasitar as larvas presentes nas “unidades de parasitismo” que estavam dispostas na direção sul. Neste estudo, a dispersão das fêmeas do parasitoide parece

não ter sido influenciada pela direção do vento, que se manteve sempre no sentido leste e sudeste, durante todo o período de avaliação realizado nos pomares de acerola e de manga.

A dispersão de *D. longicaudata* também foi afetada significativamente pelos fatores amplitude térmica e velocidade do vento, tanto no pomar de acerola quanto no de manga. Na cultura da acerola as fêmeas de *D. longicaudata* parasitaram mais larvas de mosca quando a amplitude térmica da área experimental foi mais elevada e as armadilhas sentinelas estavam mais distantes do ponto de liberação do parasitoide. Na cultura da manga foi observado esse mesmo efeito, independente do pomar possuir frutos ou não. Quando se compara o efeito da amplitude térmica nos pomares de acerola e manga, verifica-se que, as fêmeas de *D. longicaudata* foram mais eficientes em parasitar as larvas da mosca quando as amplitudes térmicas foram mais elevadas, em torno de 16°C no pomar de acerola e até 12°C na cultura da manga.

A amplitude térmica da região de Petrolina, PE é considerada baixa apesar das temperaturas serem altas (TEIXEIRA, 2010). Neste trabalho, os períodos de liberações do parasitoide coincidiram com a época em que as temperaturas da região (novembro a dezembro) foram mais elevadas, principalmente durante o dia, o que pode ter provocado um maior impacto na variação térmica (amplitude) na área experimental. Assim, neste estudo, considera-se que o aumento na amplitude térmica observado esteve associado ao aumento da temperatura durante o dia. Neste período, as temperaturas em média variaram de 35°C e 32,8°C, no período de liberação no pomar de acerola e manga, respectivamente.

Ressalta-se que, nos estudos em que se avalia a influência da temperatura, por meio da amplitude térmica, sobre uma população de inseto obtém-se uma melhor interpretação dos dados. Uma amplitude térmica maior poderá causar um maior desconforto metabólico ao inseto, em relação àquela menor, mesmo quando as temperaturas máxima e mínima estiverem próximas a faixa considerada favorável para o inseto (RODRIGUES, 2004), ou seja, a variação entre temperatura máxima e mínima pode apresentar mais efeito ao inseto do que temperaturas elevadas ou mínimas extremas. Por esse motivo, foi analisada a amplitude térmica nesse estudo.

A maior atividade de parasitismo das larvas da mosca pelas fêmeas de *D. longicaudata* foi observada quando as amplitudes estavam mais elevadas, o que pode indicar que o parasitoide se adaptou as temperaturas mais elevadas. Segundo Reddy et al. (2002), a resposta ótima de parasitismo de fêmeas de *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae) aos voláteis de seus hospedeiros ocorreram quando a temperatura estava entre 25°C e 35°C, enquanto que, para o braconídeo *Cotesia plutellaer* (Kurdjumov)

(Hymenoptera: Braconidae) quando as temperaturas estavam entre 30°C e 35°C, foram influenciados pelos mesmos voláteis. Segundo os autores, as espécies de parasitoide tem sua própria temperatura ideal para a percepção dos estímulos e, embasados nela aumentam suas atividades, em decorrência do aumento dessa percepção.

Embasados nestas informações, a maior atividade de parasitismo das larvas da mosca pelas fêmeas de *D. longicaudata* nas temperaturas mais elevadas pode estar relacionada ao comportamento da larva hospedeira. Por exemplo, estas larvas podem ter maior mobilidade, ou mesmo emitir mais feromônio quando as temperaturas estiverem mais elevadas, o que pode ter favorecido a busca exercida pelo parasitoide e, conseqüentemente, o aumento da taxa de parasitismo.

Paranhos et al. (2007) observaram que *D. longicaudata* reduziu o seu desempenho quando exposto as baixas temperaturas de inverno, em comparação as de verão, após ser liberado em pomar de citros, no estado de São Paulo. Além de melhor desempenho em campo, Sivinski et al. (1998) observaram que *D. longicaudata* tolerou temperaturas mais altas, quando comparado com o parasitoide nativo, *D. areolatus*. Os autores verificaram também que a temperatura foi à variável ambiental que melhor se relacionou a flutuação populacional e abundância destes insetos.

Neste trabalho, no pomar de acerola a maior porcentagem de parasitismo de larvas da mosca por *D. longicaudata* observada nas amplitudes térmicas maiores, reforça a ideia de que o aumento da temperatura levou ao aumento do parasitismo das larvas ao longo da distância percorrida pelo parasitoide. Isso ocorreu porque na época em que os parasitoides foram liberados no pomar de acerola, foram registradas temperaturas maiores que aquelas obtidas durante as liberações no pomar de manga, que foi em média de 35°C e 32,8°C, respectivamente. Assim pode-se inferir que, com o aumento da temperatura (amplitude térmica), *D. longicaudata* melhorou o seu desempenho em parasitar as larvas de mosca à medida que se distanciava do ponto de liberação.

A velocidade do vento foi outro fator abiótico que afetou a dispersão das fêmeas de *D. longicaudata* liberadas nos pomares de acerola e manga. Observou-se que, com o aumento da velocidade do vento ocorreu menor porcentagem de parasitismo das larvas da mosca nas armadilhas sentinela instaladas nos pontos mais distantes da liberação do parasitoide. Isso foi constatado, tanto no pomar de acerola como no de manga. No pomar de manga sem fruto, *D. longicaudata* parasitou mais larvas da mosca quando a velocidade do vento estava em cerca de 8 a 9 km/hora e na presença de frutos quando estava acima de 12km/h. Possivelmente, na presença dos frutos no pomar de manga as fêmeas de *D. longicaudata* ficaram mais restritas

aos primeiros metros de distância do ponto de liberação e, com o aumento da velocidade do vento, as fêmeas se dispersaram mais por terem sido carregadas para distâncias maiores e desta forma, parasitaram mais em pontos mais distantes apenas quando velocidade do vento foi maior. Já, no pomar com ausência de frutos, o parasitoide buscou seus hospedeiros nos pontos mais distantes da área experimental, não sendo necessário o vento para favorecer sua dispersão. Quando a velocidade do vento aumenta, acaba afetando o parasitismo, pois os parasitoides gastam mais tempo em vôo e dessa forma, parasitam menos (HOUGARDY; MILLS, 2006).

Na cultura da manga as fêmeas do parasitoide sofreram mais os efeitos da velocidade do vento, provavelmente pelo maior espaçamento disponível para o vôo do parasitoide entre as linhas de plantio, o que pode ter permitido uma maior circulação do vento dentro da área experimental. Ventos acima de 12 km/h não possibilitaram que os parasitoides conseguissem chegar até as larvas hospedeiras com muita facilidade e, provavelmente, não detectaram os odores emitidos pelas larvas e suas vibrações no interior das armadilhas sentinela. Lawrence (1981) e Ruther et al. (2002) explicam que os parasitoides encontram o seu hospedeiro por meio das vibrações, sons de alimentação e odores emitidos por ele. Neste trabalho, o vento em maior velocidade pode ter alterado as pistas emitidas pelo hospedeiro, o que fez com que o parasitoide não encontrasse o seu hospedeiro.

Os resultados obtidos neste estudo em relação aos efeitos das condições climáticas sobre o comportamento das fêmeas de *D. longicaudata* devem ser considerados com cautela, uma vez que, não foram dados das condições do próprio pomar, mas da região. No entanto, estudos aprofundados devem ser realizados avaliando principalmente a temperatura e a umidade relativa local em regiões tão extremas, a fim de verificar o limite no qual essa espécie possa desempenhar seu papel como agente de controle, e dessa forma, definir o melhor período para liberação nessa região.

O uso *D. longicaudata* para controle de moscas-das-frutas em uma determinada fruteira é baseada na sua capacidade em parasitar larvas infestando frutos desta fruteira e seu comportamento dispersivo em campo. Essas informações também permitem estabelecer o número de indivíduos liberados, os pontos de liberação e intervalos entre as liberações. Além disso, permitem inferir se a liberação de um determinado inimigo natural pode ser economicamente viável para uma determinada fruteira. O presente estudo permitiu conhecer o comportamento do parasitoide *D. longicaudata* e estimar sua área máxima de dispersão em cada fruteira. Com base nos dados obtidos, é possível inferir que em pomar de acerola são

necessários 3.000 parasitoides por hectare, a serem liberados a cada 15 dias e em pomar de manga, 6.000 parasitoides por hectare, a ser liberado a partir de dois pontos e a cada oito dias.

CONCLUSÕES

Diachasmimorpha longicaudata é capaz de buscar e parasitar larvas de moscas-das-frutas em frutos de aceroleira e mangueira após ser liberado em campo em região semiárida;

Diachasmimorpha longicaudata parasita larvas de *C. capitata* em “armadilhas sentinela”, se dispersa e sobrevive por até 15 dias em pomares de acerola e oito dias em manga;

Diachasmimorpha longicaudata se dispersa mais e com maior velocidade em pomar de acerola em comparação ao pomar de manga;

Diachasmimorpha longicaudata, após liberado em pomar de acerola, se dispersa predominantemente para o sudeste e em manga se dispersa em direções aleatórias;

Os fatores climáticos aliados às características de cada pomar interferem no comportamento dispersivo de *Diachasmimorpha longicaudata*.

REFERÊNCIAS

AGOSTINELLI, C.; LUND, U. R **package 'circular': Circular Statistics (version 0.4-93)**. 2017. Disponível em: URL <https://r-forge.r-project.org/projects/circular/>.

ALTAFINI, D. L.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M. Superparasitism of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Florida Entomologist**, v. 196, p. 391–395, 2013.

ALUJA, M. et al. Pest management through tropical tree conservation. **Biodiversity and Conservation**, v.23, p.831-853, 2014.

ALVARENGA, C. D. et al. Introdução e recuperação do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v.34, p.133-136, 2005.

ALVARENGA, C. D. et al. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em plantas hospedeiras de três municípios do Norte do estado de Minas Gerais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 2, p. 195-204, 2009.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 88 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 86 p.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2017. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/alimentos>>. Acessado em: 20 de dezembro de 2018.

ARAÚJO, E. L.; ZUCCHI, R. A. Hospedeiros e níveis de infestação de *Neosilba pendula* (Bezzi) (Diptera: Lonchaeidae) na região de Mossoró/Assu, RN. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, p.91-94, 2002.

ARAÚJO, E. L.; ZUCCHI, R. A. Parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na região de Mossoró/Assu, Estado do Rio Grande do Norte. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, n.2, p.65-68. 2002.

ARAÚJO, E. L. et al. Índices de captura e infestação da mosca do mediterrâneo em acerola comum e clonada. **Revista Verde**. v.6, n.4, p.58 – 64, 2011.

ARAÚJO, A. A. R. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas às frutíferas nativas de *Spondias* spp. (Anacardiaceae) e *Ximenia americana* L. (Olacaceae) e seus parasitoides no estado do Piauí, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1739-1750, 2014.

ARAÚJO, E. L. et al. Parasitoides (Hymenoptera) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p. 610-616, 2015.

ARIMURA, G. I.; KOST, C.; BOLAND, W. Herbivore-induced, indirect plant defenses. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1734, n. 2, p. 91–111, 2005.

BADII, K. B. et al. Review of the pest status, economic impact and management of fruit infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.1488-1498, 2015.

BARANOWSKI, R. H.; GLENN, H.; SIVINSKI, J. Biological control of the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Loew). **Florida Entomologist**, v.76, p.245-250, 1993.

BARTOŃ, K. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.42.1, 2018. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

BATES, D. et al. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v.67, p.1–48, 2015.

BENELLI, G.; CANALE, A. Impact of mass-rearing on the host seeking behaviour and parasitism by the fruit fly parasitoid *Psytalia concolor* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Pest Science**, v.85, p.65-74, 2012.

BOMFIM, D. A. et al. Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritoidea) em matas nativas e pomares domésticos de dois municípios do Estado do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.51, n.2, p.217-223, 2007.

BOMFIM, Z. V.; CARVALHO, R. S.; CARVALHO, C. A. L. Relações interespecíficas entre parasitoides nativos de moscas-das-frutas e o Braconídeo exótico *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de 'umbu-cajá'. **Ciência Rural**, v.40, n.1, p.77-82, 2010.

BUENO, R. C. O. F. et al. *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitism on eggs of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Eriboidea) compared with its natural host *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.107, p.799-808, 2014.

CAMARGOS, M. G. et al. Dispersal capacity of fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in irrigated coffee plantations. **Scientia Agricola**, v.73, p.227–233, 2016.

CAMARGOS, M. G. et al. Spatial and temporal dispersal patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v.122, p.84-92, 2018.

CANAL DAZA, N. A.; ZUCCHI, R. A. Parasitoides-Braconidae. In MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds) **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil. Conhecimento básico e aplicado**. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2000, 119-126.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. et al. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL 3 -- Dominga, UEL 4 -- Lígia e UEL 5 -- Natália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.124-126, 2002.

CARBAJAL- PALADINO, L. Z, PAPESCH, A. G, CLADERA, J. L. Immature stages of development in the parasitoid wasp, *Diachasmimorpha longicaudata*. **Journal Insect Science**, v.10, p1-13, 2010.

CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Controle biológico, In: MALAVASI, A. ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto, Holos, 2000, p.113- 117.

CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas. In: PARRA, J. R. P. (Ed.) **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo, Manole, 2002, p. 65-179.

CARVALHO, R. S. Avaliação das liberações inoculativas do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomar diversificado em Conceição do Almeida, BA. **Neotropical Entomology**. v.34, p.799- 805, 2005.

CARVALHO, R. S. - **Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 5p, (Circular Técnica 83).

CARVALHO J. V. A. et al. Levantamento de parasitoides de moscas-das-frutas em fruteiras nativas e cultivadas no Submédio do Vale do rio São Francisco. In: XII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Semiárido, 2018. **Anais eletrônicos....** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185763/1/Julia.pdf>. Acesso em: 03 nov.2018.

CASTILLO, A. et al. Dispersión del parasitoide africano *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae) en un nuevo agroecosistema. **Folia Entomológica Mexicana** v.45, p.319–327, 2006.

COELHO, R. S. **Atividade comportamental e eficiência de parasitismo de *Fopius arisanus* e *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Ceratitis capitata* (diptera: tephritidae) em diferentes frutíferas**. 2017.72 f. Dissertação em Horticultura Irrigada - Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro-BA, 2017.

COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. **Cultivo de Mangueiras- Cultivares. 2004**. Embrapa Semi-Árido Sistemas de Produção. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/cultivares.htm. Acesso em: 10 de fevereiro de 2019.

COSTA, V. A. et al. Redescoberta de *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) após 60 anos da sua introdução no Brasil. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.4, p.539-541, 2005.

COSTA M.L. Z.et al. Irradiation of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) eggs to inhibit fly emergence in the massrearing of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal Insect Science**, v. 16, n.1, p.1–9, 2016.

COUTINHO, C. R. **Dispersão do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em cafeeiro irrigado, no semiárido mineiro.** 2012. 72 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2012.

CRAWLEY, M. J. *The R Book*. Wiley & Sons Ltd, New York, 2013. pp. 942.

CUNHA, A. C et al. Efeito da espessura da polpa, tamanho e peso de frutos de taperebá (*Spondias mombin* L.) sobre o parasitismo natural (Hymenoptera: Braconidae) em moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). **Revista de Agricultura**, v.86, p.125-133, 2011.

DAMASCENO I. C (2013) Influência da composição da dieta larval e da radiação x na qualidade de *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Díptera: tephritidae) produzida em criação massal. 2013. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, Brasil, p 68.

DEVESCOVI, F. et al. Effects of superparasitism on immature and adult stages of *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomological Research**, v.107, n.6, p. 756-767, 2017.

DOBZHANSKY, T.; WRIGHT, S. Genetics of natural populations × dispersion rates in *Drosophila pseudoobscura*. **Genetics**, v.28, p.304-340, 1943.

DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamentos quarentenários. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica do Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto, FAPESP-Holos, 2000, p.187-192.

EBEN, A. et al. Host species and host plant effects on preference and performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**. v.29, p.87-94, 2000.

FAHRNER, S. J. et al. Factors affecting the flight capacity of *Tetrastichus planipennis* (Hymenoptera: Eulophidae), a classical biological control agent of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). **Environmental Entomology** v.43, p.1603–1612, 2014.

FURLANETO, F. P. B.; NASSER, M. D. Panorama da cultura da acerola no estado de São Paulo. **Pesquisa e Tecnologia**, v.12, n.1, 2015.

GEREMIAS, L. D.; PARRA, J. R. P. Dispersal of *Trichogramma galloi* in corn for the control of *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, v.24, p.751–762, 2014.

GINGRAS, D.; DUTILLEUL, P.; BOIVIN, G. Modeling the impact of plant structure on hostfinding behavior of parasitoids. **Oecologia**, v.130, p. 396-402, 2002.

GINGRAS D.; DUTILLEUL P.; BOIVIN G. Effect of Plant Structure on Searching Strategy and Searching Efficiency of *Trichogramma turkestanica*. **Journal Insect Science**, v.8, p.1-9, 2008.

GIUNTI A.G, A. et al. Parasitoid learning: Current knowledge and implications for biological control. **Biological Control**. v.90 p.208–219, 2015.

GODOY, M. J. S, PACHECO, W. S. P, MALAVASI, A Moscas-das-frutas quarentenárias para o Brasil. In: (Ed) SILVA, R. A.; LEMOS, W. P.; ZUCCHI, R.A **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais**. Macapá, Embrapa Amapá, 2011, p.13-33.

GONTIJO L. M et al. Plant architecture, prey distribution and predator release strategy interact to affect foraging efficiency of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on cucumber. **Biological Control**, v. 53, n.1, p. 136-141, 2010.

GONZÁLEZ, P. I. et al. Superparasitism in mass reared *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v.40, p.320-326, 2007.

GÓMEZ, M. et al. Tempo de exposição de ovos de *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae) ao parasitismo de *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae). In: Simpósio de Controle Biológico (SICONBIOL), 15º, 2017, Ribeirão Preto. **Anais eletrônicos....** Ribeirão Preto: Sociedade de Entomologia do Brasil, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163599/1/Paranhos-2.pdf>. Acesso em: 03 out.2018.

GREANY, P. D. et al. Chemical mediated host finding by *Biosteres* (Opius) *longicaudatus*, a parasitoid of tephritid fruit fly larvae. **Journal Chemycal Ecology**, v.3, p189-195, 1977.

GROTH, M. Z. et al. Biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) in Two Species of Fruit Flies. **Journal of Insect Science**, v.16, n. 1, p.1-7, 2017.

HAJI, F. N. P. et al. **Monitoramento de moscas-das-frutas na cultura da manga, no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico, 98).

HAJI, F. N. P. et al. Monitoramento de Moscas-das-frutas no Submédio do Vale do São Francisco. In: MENEZES, E.A.; F.R. BARBOSA (Eds.). **Pragas da Mangueira: monitoramento, nível de ação e controle**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido. 2005. p.85-86.

HEIMPEL, G. E.; ASPLEN, M. K. A. ‘Goldilocks’ hypothesis for dispersal of biological control agents. **BioControl**, v.56, p.441–450, 2011.

HOUGARDY, E.; MILLS, N. J Influência da privação do hospedeiro e do gasto de ovos na taxa de dispersão de um parasitóide após liberação de campo. **Biological Control**, v.37, p. 206-213, 2006.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, Brasília, DF, Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

JERVIS, M. A. et al. Flowervisiting by hymenopteran parasitoids. **Journal of Natural History**, v.27, p.67–105, 1993.

JULSIRIKUL D., HAYMER D.S.; KITTHAWEE S. Genetic structure and diversity of the *Diachasmimorpha longicaudata* species complex in Thailand: SSCP analysis of mitochondrial 16S rDNA and COI DNA sequences. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.71, p.59–68, 2017.

LABMET- LABORATÓRIO DE METEOROLOGIA- Universidade Federal do Vale do São Francisco. (UNIVASF). Juazeiro, BA, 2018. Disponível em: <http://labmet.univasf.edu.br/>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

LAWRENCE, P. O. Host vibration a cue to host location by the parasite, *Biosteres longicaudatus*. **Oecologia**, v.48, p.249-251, 1981.

LIMA, J. R. F. Exportações de manga produzidas no Submédio do Vale do São Francisco no período de 2003-2012. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. (Embrapa Semiárido. Comunicado Técnico, 154).

LOVINGER, A.; LIEWEHR, D.; LAMP, W. O. Glandular Trichomes on Alfalfa Impede Searching Behavior of the Potato Leafhopper Parasitoid. **Biological Control**, v.18, p.187-192, 2000.

McQUATE, G. T.; LIQUIDO, N. J. Host Plants of Invasive Tephritid Fruit Fly Species of Economic Importance. **International Journal of Plant Biology & Research**, v.5, n.4, p. 1072-1077, 2017.

MARINO, P.; LANDIS, D.; HAWKINS, B. Conserving parasitoid assemblages of North American pest Lepidoptera: does biological control by native parasitoids depend on landscape complexity? **Biological Control**, v.37, p.173–185, 2006.

MARTIM, N. S. P. P. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE PROCESSAMENTO DA MANGA (MANGIFERA INDICA L.) VARIEDADE TOMMY ATKINS DESIDRATADA, 2006. Dissertação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 76 p.

MEIRELLES, R. N. et al. Parasitism of fruit flies (Tephritidae) in field, after the releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) in Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, p.e-673, 2016.

MESSING, R.; JANG, E. Response of the fruit parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) to host-fruit stimuli. **Biological Control**, v.2, p.1189-1195, 1992.

MEYHOFER, R.; CASAS, J. Vibratory stimuli in host location by parasitic wasps. **Journal of Insect Physiology**.v.45, p.967–971, 1999.

- MONTOYA, P. et al. Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.18, p.216–224, 2000.
- MONTOYA, P.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P. Superparasitism in the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) and the implications for mass rearing and augmentative release. **Insects**, v.3, p.900–911, 2012.
- MONTOYA, P. et al. Field superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* attacking *Anastrepha* spp. larvae on mango fruits. **BioControl**, v.64, p.160-165, 2013.
- MONTOYA, P,et al. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **BioControl**, v.62, p. 581–593, 2017.
- OLIVEIRA, J. et al. Introdução do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sona, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) e sua multiplicação na mosca-do-mediterrâneo. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 2014, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2014a. CD-ROM.
- OLIVEIRA, P.C.C. et al. Efeito da idade das larvas de *Ceratitis capitata* (Wied.) sobre a qualidade biológica do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 244-249, 2014b.
- OVRUSKI, S. M. et al. Host Preference by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) Reared on Larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae). **Florida Entomologist**, v.94, p.195–200, 2011.
- PARANHOS, B. J. P. Técnica do inseto estéril e controle biológico: métodos ambientalmente seguros e eficazes no combate às moscas-das-frutas. In. I SIMPÓSIO DE MANGA DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2005. **Anais eletrônicos...** Juazeiro: Embrapa Semiárido, 2005. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/OPB63ID-egwWrmJdPY.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.
- PARANHOS, B. A. J.; BARBOSA, F. R. Pragas-chave na cultura da mangueira. In: MENEZES, E. A.; BARBOSA, F. R. (Eds.). **Pragas da mangueira: monitoramento, nível de ação e controle**. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Cap.2, p. 51-69.
- PARANHOS, B. A. J. et al. Dispersion patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in citrus orchards in southeast Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p. 375-385, 2007.
- PARANHOS B. A. J. et al. Intrinsic Competition and Competitor-Free-Space Influence the Coexistence of Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) of Neotropical Tephritidae (Diptera). **Environmental Entomology**, v.42, p.717-723, 2013.
- PARRA, J. R. P. et al. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar. In J. R. P. PARRA (ed.). **Controle biológico no Brasil**. São Paulo, Manole, 2002, p.125-137.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P. Liberações de inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P. et al (Eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 325-342.

QUICKE, D. L. J. The Braconid and ichneumonid parasitoid wasps: Biology, systematics, evolution and ecology. 2015. Oxford, UK: Willey-Blackwell.p. 733.

R CORE TEAM 2018. R versão i386 3.2.2: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Vienna, Austria. Disponível em:<http://www.R-project.org/>.

RAHMAN, T.; BROUGHTON, S. Suppressing Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with an attract-and-kill device in pome and stone fruit orchards in Western Australia. **Crop Protection**, v.80, p.108-117, 2016.

RAINS, G. C.; UTLEY, S. L.; LEWIS, W. J. Behavioral monitoring of trained insects for chemical detection. **Biotechnology Progress**, v.22, p.2-8, 2006.

RAGA, A.; SATO, M. E. Toxicity of neonicotinoids to *Ceratitis capitata* and 509 *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Plant Protection**, v.51, p.413-419, 2011.

RAGA, A.; SATO, M.E. Controle químico de moscas-das-frutas. Campinas, SP, Instituto Biológico, 2016. 14p. (Documento Técnico, 20).

RAGA, A; GALDINO L. Isca tóxica - Cultivar 2018. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324877921>. Acessado em 08 de janeiro de 2019.

RANDLKOFER, B. et al. Effect of vegetation density, height, and connectivity on the oviposition pattern of the leaf beetle *Galeruca tanacetii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.132, p.134-146, 2009.

RANDLKOFER B et al. Vegetation complexity - The influence of plant species diversity and plant structures on plant chemical complexity and arthropods. **Basic and Applied Ecology**, v.11, nº 5, p.383-395, 2010.

REDDY, G. V. P.; HOLOPAINEN, J K.; GUERRERO, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. **Journal of Chemical Ecology**.v.28, p.131-43, 2002.

RIVERO A. The relationship between host selection behaviour and offspring fitness in a koinobiont parasitoid.**Ecological Entomology**, v.25, p. 467-472, 2000.

ROGRIGUES, W.C. Fatores que influenciam no desenvolvimento de inseto. **Informativo dos entomologistas do Brasil**, v.1, p.1-4, 2004.

ROHDE, C. **Avaliação de nematóides entomopatogênicos (Rhabditida) para o controle da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae)**. 2007. 63p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.

ROHDE, C. et al. Efeito de extratos vegetais aquosos sobre a mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, p.407-415, 2013.

RUTHER, J.; SIEBEN, S.; SCHRICKER, B. Nestmate recognition in social wasps: manipulation of hydrocarbon profiles induces aggression in the European hornet. **The Science of Nature**, v.89, p.111–114, 2002.

SALAH-EDDIN, A. A.; WRATTEN, S, D. Comparing existing weeds and commonly used insectary plants as floral resources for a parasitoid. **Biological Control**, v.81, p. 15–20, 2015.

SANTOS, D. C. C. **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no Submédio São Francisco: Levantamento populacional e frequência**. 2013, 55p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) -Universidade do Estado da Bahia. Juazeiro- Ba, 2013.

SANTOS, J. O. et al. Rearing *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on irradiated eggs of *Ceratitis capitata*. In: Third FAO/IAEA International Conference in Area-Wide Management of Insect Pest. Vienna, 2017, **Anais eletrônicos...** Vienna, FAO/IAEA, 2017. Disponível em <https://www-pub.iaea.org/iaeameetings/2017>. Acesso em: 03 de dezembro de 2018.

SEGURA, D. F. et al. Role of visual information and learning in habitat selection by a generalist parasitoid foraging for concealed hosts. **Animal Behaviour**, v.74, p. 131-142, 2007.

SEGURA, D. F. et al. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host and host-habitat volatile cues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 143, p. 164–176, 2012.

SEGURA, D. F. et al. Innate host habitat preference in the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*: Functional significance and modifications through learning. **PLoS ONE** Hurlingham, Argentina, v.11, n.3, p. 1-18, 2016.

SHEA, K.; POSSINGHAM, H. P. Optimal release strategies for biological control agents: an application of stochastic dynamic programming to population management. **Journal of Applied Ecology**, v.37, p.77–86, 2000.

SILVA NETO, A. M. et al. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. **Scientist Agricola**, v.69, p.364-369, 2012.

SIVINSKI, J. The past and potential of biological control of fruit flies In: MCPHERON, B. A.; STECK, G. J. (Eds). **Fruit fly pests, a world assessment of their biology and management**. Delray Beach, St. Lucie Press, 1996, p.369-375.

SIVINSKI, J.; PETERSSON, E. Mate choice and species isolation in swarming insects, In CHOE, J. C.; CRESPI, B. J [eds.]. **The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids**. UK, USA and Australia, Cambridge University Press, 1997, pp. 294-309.

- SIVINSKI, J. et al. The bionomics of *Coptera haywardi* (Oglobin) (Hymenoptera: Diapriidae) and other pupal parasitoids of tephritid fruit flies (Diptera). **Biological Control**, v.1, p.193–202, 1998.
- SOUZA, L. S. B. et al. Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.627-636, 2015.
- SOUZA, F. F. et al. Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira. Petrolina, PE, Embrapa Semiárido, 2017. 26 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 282).
- STOEPLER, T. M.; LILL, J. T.; MURPHY, S. M. Cascading effects of host size and host plant species on parasitoid resource allocation. **Ecological Entomology**, v. 36, p.724–735, 2011.
- STUHL, C. et al. A Compound produced by fruigivorous Tephritidae (Diptera) larvae promotes oviposition behavior by the biological control agent *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, v.40, p. 727-736, 2011.
- STUHL, C. et al. Responses of multiple species of tephritid (Diptera) fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) to sympatric and exotic fruit volatiles. **Florida Entomologist**, v.95, n.4, p.1031-1039, 2012.
- TEIXEIRA, A. H. C. Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 233).
- UMBANHOWAR, J.; MARON, J.; HARRISON, A. S. Density- dependent foraging behaviors in a parasitoid lead to density dependent parasitism of its host. **Oecologia**.v.137, p. 123-130, 2003.
- VAN ALPHEN, J. J. M.; JERVIS, M. Foraging behavior. In: JERVIS, M.; KIDD, N. Ed.). **Insect natural enemies**. Chapman & Hall, 1996. 491p.
- VARGAS, R. I. et al. Area wild management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. In: EKESI, S.; MOHAMED, S. A.; DE MEYER, M. (Eds). **Fruit fly research and development in Africa - towards a sustainable management strategy to improve horticulture**. Switzerland, Springer, 2016, p.673-694.
- VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **BioControl**, v. 48, p.123-139, 2003.
- VET, L.; DICKE, M. Ecology of Infochemical Use by Natural Enemies in a Tritrophic. **Annual Review of Entomology**, v.37, p.141-172, 1992.
- VIANA, R. E. **Dinâmica Populacional de Moscas-das-Frutas (Diptera-Tephritidae) em Três Pólos de Fruticultura do Nordeste Brasileiro. 2009, 72p.** Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, 2009.

VINSON, S.B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**, v.11, p.79–96, 1998.

VOUDOURIS, C. C. H. et al. Susceptibility of *Ceratitis capitata* to deltamethrin and spinosad in Greece. **Journal of Pest Science**, v. 91, p. 861-871, 2018.

WALDER, J. M. M. Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estéreis e controle biológico. In PARRA, J. R. P. et al. (Eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. Manole, Barueri, 2002, p. 151-158.

WHITE, J. A.; ANDOW, D. Host-Parasitoid Interactions in a Transgenic Landscape: Spatial Proximity Effects of Host Density. **Environmental Entomology**, v.34, p.1493-1500, 2005.

ZADRA, W. C. Plasticidade da aprendizagem de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) associada a voláteis de frutos e óleos essenciais. **Série Zoologia**, v.108, p.e2018026, 2018.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.13-24.

ZUCCHI, R.A.; MORAES, R.C.B. 2008. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/, atualizado em 14 de março de 2019. Acesso em: 10 apr 2019.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R.C.B. 2012. Fruit flies in Brazil – Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitis>, atualizado em 22 de abril de 2019. Acesso em: 31 mai 2019.

ZUCCHI R. A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA E. F.; ZUCCHI R. A. (eds.). **Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros**. São Paulo, FEALQ, 2015, cap.1.