

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

**MARIA GISELY CAMARGOS**

**Padrão de dispersão espacial e temporal de *Diachasmimorpha longicaudata***  
**(Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas de *Ceratitis capitata* e**  
***Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

**Piracicaba**

**2016**



**MARIA GISELY CAMARGOS**

**Padrão de dispersão espacial e temporal de *Diachasmimorpha longicaudata*  
(Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas de *Ceratitis capitata* e  
*Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

**Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear  
na Agricultura da Universidade de São Paulo  
para obtenção do Título Doutor em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na  
Agricultura e no Ambiente.**

**Orientador: Prof. Dr. Júlio Marcos Melges  
Walder**

**Coorientador: Profa. Dra. Clarice Diniz  
Alvarenga Corsato**

**Piracicaba**

**2016**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP**

Camargos, Maria Gisely

Padrão de dispersão espacial e temporal de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas de *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) / Maria Gisely Camargos; orientador Julio Marcos Melges Walder; coorientadora Clarice Diniz Alvarenga Corsato. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

79 p. : il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Controle biológico 2. Entomologia aplicada 3. Insetos (Criação)  
4. Mosca-das-frutas 5. Mosca-do-Mediterrâneo 6. Parasitismo I. Título

À minha mãe, **Elza**, meu pilar de sustentação,

**DEDICO.**



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e graças concedidas.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, por permitir que este trabalho fosse desenvolvido.

À Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, pela excelente estrutura disponibilizada para o desenvolvimento dos trabalhos.

A minha família, pelo amor e suporte, ao meu irmão Fernando, e em especial a minha mãe, Elza, meu porto seguro.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Júlio Marcos Melges Walder, pelo apoio e orientação.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Clarice Diniz Alvarenga Corsato, pela orientação *in loco*, acolhida, ensinamentos, paciência, apoio e confiança demonstrados ao longo desses anos de convivência. Agradeço também pela oportunidade de conviver com uma profissional tão admirável desde o mestrado até a conclusão do doutorado.

A Lia (Maria de Lourdes Zamboni Costa) do laboratório de Radioentomologia do CENA, sem a qual não seria possível a criação de *Anastrepha fraterculus* e do parasitoide criado neste hospedeiro.

Ao William Cabrera pelo companheirismo durante a jornada e pela ajuda com planilhas.

A Pomar Brasil Agroindustrial, onde fica a área de goiaba no Projeto Jaíba - MG, local em que foram realizados os experimentos.

Ao Gerente da fazenda Sucesso, Claiton, pela recepção, profissionalismo e amizade.

Ao professor Dr. Ronaldo Reis Junior, do Departamento de Biologia Geral da Unimontes, pelas análises estatísticas, por toda a paciência e ensinamentos.

A Karla, amiga desde a graduação, pelas horas dedicadas às análises estatísticas e bons conselhos.

Ao Prof. Dr. Wesley A.C. Godoy por toda ajuda, sugestões e disponibilidade.

Aos professores da pós-graduação, pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos colegas de laboratório que literalmente suaram para ajudar nos experimentos e acordavam cedo com boa vontade para ir ao Projeto Jaíba: Jefferson, Adriana, Hugo, Marcelo, Zenóbia, Marcos, João e Junão.

Aos bolsistas BicJúnior, que auxiliaram nas triagens de vermiculita.

Aos motoristas da Unimontes, em especial, a Neurisvan e Werner (Desde o mestrado), pela ajuda fechando tantos copos, pela companhia, boa vontade, risadas e ensinamentos nas viagens.

A todas as amigas pela amizade e horas em que dividimos alegrias e aflições: A Elisangela, Eliete e Ana Paula (que me ensinou a importância de um simples “Bom Dia!”), amigas e companheiras de república em Piracicaba. A Alda, Maria e Sofia em Janaúba.

Aos colegas do curso de pós-graduação e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**OBRIGADA!**

“Seria mais fácil fazer como todo mundo faz  
O caminho mais curto, produto que rende mais”

Humberto Gessinger



## RESUMO

CAMARGOS, M. G. **Padrão de dispersão espacial e temporal de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas de *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae)**. 2016. 78 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

A capacidade de dispersão e parasitismo de *D. longicaudata*, proveniente de larvas de *Ceratitis capitata* (linhagem *Ceratitis*) e de *Anastrepha fraterculus* (linhagem *Anastrepha*) foi avaliada após liberação em pomar de goiaba. Onze liberações de cerca de 3.000 parasitoides foram realizadas entre março de 2014 e abril de 2015 no centro de um talhão de 15 ha de goiaba localizado no Projeto de Irrigação do Jaíba (15°14'03.7"S 43°56'54.0"W), em Jaíba, MG, Brasil. A dispersão foi monitorada, a partir de um ponto central de liberação, nas direções cardeais e colaterais, a uma distância de 6 m até 272 m, distantes 12 m entre si nas direções cardeais e 17 m nas colaterais. Em cada ponto uma "unidade de parasitismo", ou seja, um sache com cerca de 20 larvas de terceiro instar do hospedeiro mais dieta envoltos em tecido voile, foi pendurada. Larvas de *C. capitata* e de *A. fraterculus* foram oferecidas para recuperar os parasitoides em cinco liberações onde os parasitoides não tiveram escolha pelo hospedeiro e outras seis onde tiveram escolha. As "unidades de parasitismo" permaneceram 24 h no pomar quando foram substituídas por novas, também retiradas após 24h. Após sete e 15 dias novas "unidades de parasitismo" foram distribuídas e mantidas por 24 h. Foram verificadas a porcentagem de parasitismo, razão sexual, mortalidade das larvas hospedeiras e a direção de dispersão. Os dados foram analisados utilizando modelos lineares generalizados de efeito misto através do sistema estatístico R. A distância média de dispersão (DM) e a área de dispersão ( $S^2$ ) de *D. longicaudata* foram determinadas utilizando-se o modelo proposto por Dobzhansky e Wright. O total de 10.351 parasitoides foi recuperado, todos pertencentes à espécie *D. longicaudata*, 769 provenientes do hospedeiro *A. fraterculus* e 9.582 de *C. capitata*. A mortalidade das larvas foi maior para o hospedeiro *A. fraterculus*. A razão sexual foi preferencialmente (ou tendeu) para machos e diferiu apenas entre os hospedeiros, sendo maior em parasitoides recuperados de *A. fraterculus* (0,34), independente da linhagem liberada. Nenhuma variável climática analisada influenciou o parasitismo ou a mortalidade das larvas. A linhagem *Ceratitis* foi a que mais se dispersou e parasitou larvas até a distância máxima de 173 m e atingiu uma área de dispersão de até 34.067,17m<sup>2</sup>. As duas linhagens do parasitoide se dispersaram em todas as direções, mas demonstraram uma tendência a se dispersar para a direção leste. As duas linhagens foram capazes de sobreviver e parasitar larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* por até 15 dias após sua liberação, mas, número maior de exemplares da linhagem *Anastrepha* foi recuperado após 15 dias parasitando larvas dos dois hospedeiros. A linhagem *Anastrepha* proporcionou os mais altos índices de parasitismo nas maiores distâncias do ponto de liberação e a linhagem *Ceratitis* em pontos mais próximos. Com base na maior capacidade de sobrevivência em condição de semiárido, maior capacidade de parasitismo em distâncias maiores do ponto de liberação e na área de dispersão média obtida (27.368,24 m<sup>2</sup>) recomenda-se a liberação de 3.000 parasitoides da linhagem *Anastrepha* a cada 2,7 ha de goiaba.

Palavras chave: Moscas-das-frutas. Parasitoide. Liberação.



## ABSTRACT

CAMARGOS, M. G. Spatial and temporal dispersal patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared with *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) larvae. 2016. 78 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

The ability of dispersal and parasitism of *Diachasmimorpha longicaudata* reared with the larval host of *Ceratitis capitata* (*Ceratitis* strain) and *Anastrepha fraterculus* (*Anastrepha* strain) was evaluated in a guava orchard. Eleven releases of approximately 3,000 parasitoids were conducted between March 2014 and April 2015 at the center of a 15-ha guava orchard located in the Jaíba Irrigation Project area (15°14'03.7"S, 43°56'54.0"W) in Jaíba, State of Minas Gerais, Brazil. The dispersal of *Diachasmimorpha longicaudata* was monitored within a distance of 6 m to 272 m from a central point of release to the cardinal and collateral directions; each cardinal and collateral direction point was located at a distance of 12 m and 17 m from each other, respectively. At each point, a "parasitism unit", that comprised a sachet made of voile fabric containing 20 third instar larval host more diet was hung. Larvae of *C. capitata* and *A. fraterculus* were offered to recover the parasitoids into five releases where the parasitoids had no choice by the host and six where they had choice. The "parasitism units" remained for 24 hours in the orchard when they were replaced with new ones, also remained for 24 hours. After 7 and 15 days others "parasitism units" were distributed and maintained for 24 h. Observations on parasitism, sex ratio, mortality of host larvae, and the direction of dispersal were made for each time point. Data were analyzed using the general linear models and mixed effect models by the R statistical system. The average distance dispersion (DM) and the dispersion area ( $S^2$ ) of *D. longicaudata* were determined using the model proposed by Dobzhansky and Wright. A total of 10,351 parasitoids was recovered, all belonging to *D. longicaudata*, 769 from the host *A. fraterculus* and 9,582 from *C. capitata*. Larval mortality was higher in *A. fraterculus*. The sex ratio showed a tendency for males and differed between the hosts; the number of males was higher in the parasitoids recovered from *A. fraterculus* (0.34), regardless of the strain of *D. longicaudata* released. Parasitism or larval mortality was not influenced by any of the climatic variables analyzed. The *Ceratitis* strain was most dispersed and parasitized larvae up to a maximum distance of 173 m and scattering area of up to 34,067.17 m<sup>2</sup>. Both parasitoid strains scattered in all directions, but showed a tendency to disperse toward the east. The two strains were able to survive and parasitize the larvae of *A. fraterculus* and *C. capitata* for up to 15 days after its release, but more number of the *Anastrepha* strain were recovered after 15 days of parasitizing the larvae of the two hosts. The *Anastrepha* strain showed the highest parasitism rate over larger distances from the point of release, while the *Ceratitis* strain parasitized the larval hosts close to the release points. Based on the highest survival in semiarid conditions, the higher parasitism capacity at greater distances from the point of release, and the average obtained dispersion area (27,368.24 m<sup>2</sup>), we recommend the release of 3,000 parasitoids of *Anastrepha* strain in every 2.7 ha of guava orchards.

Keywords: Fruit flies. Parasitoid. Release.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
2.1 Moscas-das-frutas.....	17
2.2 Controle.....	18
2.3 <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> .....	19
2.4 Liberações inundativas de parasitoides .....	20
2.5 Dispersão de parasitoides .....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Caracterização da área de estudo.....	26
3.2 Dados meteorológicos .....	27
3.3 Criação dos insetos .....	27
3.4 Liberação e recaptura de parasitoides.....	27
3.5 Análise dos dados .....	31
3.5.1 Seleção de Modelos .....	32
3.5.2 Distância e tempo com 50% e 90% de eficiência de parasitismo .....	33
3.5.3 Dispersão do parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (linhagens LA e LC) em pomar de goiaba.....	33
3.5.4 Direção de dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> .....	34
3.5.4.1 Análise circular.....	34
4 RESULTADOS .....	36
4.1 Mortalidade.....	36
4.2 Porcentagem de Parasitismo.....	38
4.2.2 Distância atingida e tempo decorrido para o parasitismo de 50% e 90% das larvas hospedeiras disponibilizadas às linhagens de <i>D. longicaudata</i> .....	42
4.3 Razão sexual de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em dois hospedeiros após liberação em pomar de goiaba.....	43
4.4 Dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> liberado em pomar de goiaba.....	44
4.5 Influência dos fatores climáticos no parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> e <i>Ceratitis capitata</i> após a liberação em pomar de goiaba..	48
5 DISCUSSÃO.....	49
5.1 Fatores climáticos .....	49
5.2 Mortalidade.....	50
5.3 Porcentagem de parasitismo .....	52

5.4 Distância atingida e tempo decorrido para o parasitismo de 50% e 90% das larvas hospedeiras disponibilizadas às linhagens de <i>D. longicaudata</i> .....	55
5.5 Razão sexual de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em dois hospedeiros após liberação em pomar de goiaba .....	57
5.6 Dispersão de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> liberado em pomar de goiaba .....	59
6 CONCLUSÕES .....	64
REFERÊNCIAS .....	65

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo todo produz anualmente mais de 800 milhões de toneladas de frutas. No Brasil o segmento tem garantido colheita superior a 40 milhões de toneladas anuais de frutas frescas desde 2004, colocando o país no ranking das principais nações produtoras, atrás apenas da China e da Índia (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2014; 2015). Apesar do grande potencial para a fruticultura, as condições climáticas do Brasil favorecem o desenvolvimento de moscas-das-frutas, dípteros da família Tephritidae, que estão entre as pragas de maior importância econômica e quarentenária de frutas comestíveis em todo o mundo. Os prejuízos causados por essas moscas chegam a um bilhão de dólares anuais em controle e monitoramento (GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011; WHARTON; YODER, 2013).

O controle biológico é uma das mais promissoras alternativas ao uso de pesticidas no manejo de pragas e grande esforço está sendo direcionado para o uso do controle biológico aumentativo. Estudos sobre os inimigos naturais têm demonstrado a importância de sua dispersão em liberações inundativas e do seu estabelecimento bem sucedido quando introduzidos para o controle de pragas (HEGAZI et al., 2012).

Espécies de braconídeos da subfamília Opiinae são os parasitoides mais abundantes e diversificados no controle de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) (GUIMARÃES et al., 2003). O parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) tem sido largamente utilizado para o controle de populações de espécies de *Anastrepha* spp., sendo considerado hoje o mais importante agente de controle biológico para moscas-das-frutas. Esta importância está baseada na sua facilidade de criação em laboratório, na capacidade de *D. longicaudata* em se adaptar rapidamente a diferentes ambientes, na sua especificidade e na alta capacidade de parasitismo em tefritídeos (OVRUSKI et al., 2011). Entretanto, apesar de *D. longicaudata* ser amplamente estudado, há pouca informação sobre o seu comportamento nos habitat agrícolas brasileiros.

Diante disso, as táticas necessárias para o sucesso da liberação local aumentativa, por exemplo, a densidade de pontos de liberação e o número de parasitoides a ser liberado, ainda necessitam ser formulados. Estudos de dispersão, de sobrevivência e de parasitismo são particularmente importantes quando ocorrem em ambientes que possam ser julgados como extremos para *D. longicaudata* (PARANHOS et al., 2007a), como as regiões quentes e secas do norte do Estado de Minas Gerais. Nessa região as plantações de goiaba (*Psidium guajava* (Myrtaceae)) são frequentemente infestadas por espécies do gênero *Anastrepha* e por

*Ceratitis capitata* (Wiedemann), a mosca do Mediterrâneo (ALVARENGA, 2004). No Brasil, a goiaba é uma das frutas mais afetadas pelas moscas-das-frutas, sendo os tefritídeos (*Anastrepha* spp. e *C. capitata*) as principais pragas desta cultura (MANICA et al., 2000). Atualmente 15 espécies de *Anastrepha* estão associadas à goiaba no Brasil (ZUCCHI, 2008), sendo cinco delas consideradas pragas de importância agrícola no país (*Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *A. obliqua* (Macquart), *A. zenildae* Zucchi, *A. sororcula* Zucchi e *A. striata* Schiner) (ZUCCHI, 2000b).

A aptidão para a criação com sucesso de *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata* ou de *A. fraterculus* tem sido estudada como parte de programas de liberação inundativa contra ambas as espécies de moscas-das-frutas (ALTAFINI et al., 2013; MEIRELLES et al., 2013; OVRUSKI et al., 2011). A espécie de mosca no qual *D. longicaudata* é criada é um dos fatores que interferem na eficiência do parasitoide (JIRÓN; MEXZON, 1989; OVRUSKI et al., 2011), já que o desempenho deste está relacionado à qualidade do seu hospedeiro (SCHMIDT, 1994) e à adaptabilidade e capacidade intrínseca da linhagem sob as condições de cada agroambiente (PRATISSOLI et al., 2002). As fêmeas de *D. longicaudata* usam sinais químicos durante a busca pelo habitat do hospedeiro e esses sinais são produzidos tanto pelo habitat quanto pelas larvas hospedeiras (SEGURA et al., 2012). Desse modo, a natureza do habitat, a espécie de mosca hospedeira, a espécie de mosca que se deseja controlar e seus efeitos sobre a dispersão do inimigo natural são fatores que devem ser levados em consideração em um programa de liberação inundativa.

Contudo, devido ao dispêndio de energia e tempo em estudos de campo, a maioria dos experimentos com o parasitoide *D. longicaudata* é realizada em laboratório. Desta forma, estudos devem ser realizados em condições de campo com a finalidade de verificar a similaridade com os resultados obtidos em laboratório e, assim, respaldar a utilização deste parasitoide em programas de controle biológico de moscas-das-frutas, uma vez que vários estímulos podem influenciar a eficiência do parasitoide no campo. Portanto, o estudo apresentado aqui foi realizado para avaliar, em condições de campo, se a criação do parasitoide *D. longicaudata* sobre larvas hospedeiras de diferentes espécies de moscas-das-frutas influencia na sua capacidade de dispersão e no parasitismo de larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus*, quando liberado em um pomar de goiabeira em condições de semiárido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Moscas-das-frutas

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são as pragas de maior expressão econômica na fruticultura mundial devido aos danos que causam aos frutos, aos elevados custos de controle e aos prejuízos, que advêm com as restrições fitossanitárias impostas nas relações comerciais internacionais (GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011). As principais espécies de importância econômica estão distribuídas entre os gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Rhagoletis* e *Toxotrypana* (ZUCCHI, 2000b). No gênero *Toxotrypana*, a única espécie de importância econômica, *Toxotrypana curvicauda* Gerstaecker (mosca-da-papaia), não ocorre no Brasil, sendo considerada praga quarentenária (BRASIL, 1999; NORRBOM et al., 2012). No gênero *Rhagoletis* quatro espécies – *Rhagoletis adusta* Foote, *R. blanchardi* Aczél, *R. ferruginea* Hendel e *R. macquarti* (Loew) - estão assinaladas no Brasil e, de modo geral não são de expressão econômica (ZUCCHI, 2000a). No gênero *Bactrocera*, a mosca-da-carambola, como é conhecida, *Bactrocera carambolae* Drew e Hancock, 1994, originária da Indonésia, Malásia e Tailândia, é a única espécie introduzida no Brasil, e foi detectada oficialmente em 1996 no município de Oiapoque, Estado do Amapá (SILVA et al., 2005).

A espécie *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), conhecida como mosca-do-mediterrâneo, também é a única do gênero presente no Brasil. De origem africana, esta espécie é invasora, ocorrendo em todas as regiões biogeográficas da Terra (LIQUIDO; SHINODA; CUNNINGHAM et al., 1991). No Brasil, ela está amplamente distribuída, infestando 88 espécies de frutos em aproximadamente 26 famílias (ZUCCHI, 2012).

As espécies do gênero *Anastrepha* são nativas do continente americano e fazem parte do gênero mais diverso de moscas-das-frutas em ambientes tropicais e subtropicais do continente, com mais de 260 espécies válidas (NORRBOM et al., 2012). No Brasil sete apresentam importância econômica – *A. fraterculus*, *A. sorocula*, *A. zenildae*, *A. striata*, *A. pseudoparallela* (Loew), *A. grandis* (Macquart) e *A. obliqua* (ZUCCHI, 2000b). Grande diversidade de espécies de *Anastrepha* (115 espécies) ocorre no país, sendo *A. fraterculus* a espécie com mais hospedeiros associados (110), seguida por *A. obliqua* (48) (ZUCCHI, 2008).

Dentre as moscas-das-frutas as espécies *A. fraterculus* e *C. capitata* são as mais importantes economicamente no Brasil (ZUCCHI, 2000b). No entanto, *C. capitata* ocorria com mais frequência do que *Anastrepha* spp. em áreas urbanas, e o oposto ocorria nas áreas

rurais (ALVARENGA et al., 2009; 2010). Hoje já são registrados ataques de *C. capitata* em pomares comerciais de área rural no nordeste do Brasil (ARAÚJO et al., 2013; MORELLI; PARANHOS; COSTA, 2012; OLIVEIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2013). Por exemplo, em pomar comercial de acerola, localizado no Distrito de Irrigação Tabuleiros Litorâneos do Piauí (DITALPI), no município de Parnaíba-PI, *C. capitata* foi a única espécie de moscas-das-frutas obtida (RODRIGUES-BARRETO, 2010). Diversos fatores como o clima, a altitude, a localização geográfica, os hospedeiros e os pomares adjacentes, podem influenciar na diversidade e dominância de espécies de moscas-das-frutas nos pomares (SILVA et al., 2010).

## 2.2 Controle

O controle de moscas-das-frutas se baseia na integração de vários métodos, uma vez que esses insetos apresentam características que os classificam como pragas-chave e de importância quarentenária, como a alta taxa de fecundidade, a elevada fertilidade, a alta capacidade de dispersão dos adultos e a facilidade de colonização sob diferentes condições ecológicas (RAGA, 2005). O método de controle químico, embora produza resultados satisfatórios, apresentam alguns inconvenientes, como desequilíbrios ambientais, danos à saúde humana, ser contrário à opinião pública e adicionar resíduos aos produtos (CARVALHO et al., 2000).

O controle biológico inundativo, com a liberação em massa de parasitoides, tem sido proposto como a melhor abordagem para a supressão das moscas-das-frutas (KNIPLING, 1992). No entanto, o controle de moscas-das-frutas se torna difícil devido aos baixos níveis de tolerância de dano e às restrições quarentenárias. Além disso, o uso de parasitoides não garante o controle total da praga, mas pode diminuir as populações da mosca, aumentando a eficiência de outras técnicas de controle (CANAL; ZUCHI, 2000). Desta forma, a utilização do controle biológico pode ser realizada concomitantemente com o uso de produtos químicos visando um melhor resultado, desde que o inseticida seja eficiente para a praga alvo e seletivo aos inimigos naturais, preservando os agentes do controle biológico (PARRA; ZUCCHI, 2004).

O objetivo de uma liberação inundativa é causar a mortalidade rápida da praga para que se obtenha redução da população a níveis economicamente aceitáveis. Para isso, parasitoides são criados em massa em laboratórios especializados (PARRA et al., 2002).

No Brasil, os parasitoides de moscas-das-frutas pertencem principalmente às famílias Braconidae, Figitidae e Pteromalidae (CANAL; ZUCCHI, 2000). Os parasitoides das subfamílias Opiinae (Braconidae) e Eucoilinae (Cynipoidea: Figitidae), compõem o grupo de inimigos naturais mais importantes para o controle de larvas de dípteros frugívoros, como Tephritidae, Lonchaeidae e Drosophilidae, devido à sua elevada eficiência em condições naturais (GUIMARÃES et al., 2003).

A primeira experiência de sucesso para suprimir as moscas-das-frutas foi realizada no Havaí, em 1945, após a invasão da mosca oriental *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (CLAUSEN et al., 1956). Três espécies de parasitoides apresentaram maior importância: *Biosteres vandenboschi* (Fullaway), *Biosteres arisanus* (Sonan) e *Diachasmimorpha longicaudata*. Entretanto os melhores resultados da criação massal foram obtidos com *D. longicaudata*, que se estabeleceu na área de liberação (WONG et al., 1922). Os resultados promissores encorajaram projetos semelhantes na Costa Rica, México, Guatemala, Estados Unidos (Flórida) e Brasil (MONTROYA et al., 2000; NASCIMENTO et al., 2002; OVRUSKI et al., 2000).

### 2.3 *Diachasmimorpha longicaudata*

O parasitoide Braconidae *D. longicaudata* tem sido o agente de controle biológico de moscas-das-frutas mais estudado e utilizado mundialmente (SIVINSKI, 1996; MONTROYA et al., 2000). Seu destaque se deve à rápida adaptação aos meios onde ele é liberado, por ser um parasitoide específico de tefritídeos e pela facilidade com que é criado em laboratório (GARCIA; RICALDE, 2012). É um endoparasitoide larval de diversas espécies de moscas-das-frutas e parasita efetivamente larvas dos gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitidis*, *Dacus* e *Toxotrypana* (todos Diptera: Tephritidae) (SEGURA et al., 2012).

*D. longicaudata* é originário do Sudeste Asiático (Indonésia, Filipinas e Malásia), onde ataca larvas de *Bactrocera* spp. (WHITE; ELSON-HARRIS, 1992). Nas Américas, esse parasitoide tornou-se importante inimigo natural do gênero *Anastrepha* (CANCINO et al., 2009) sendo liberado massalmente em vários países para o controle biológico de moscas-das-frutas (SIVINSKI et al., 1996). Foi introduzido nos Estados Unidos, primeiramente no Havaí (BESS; van der BOSCH; HARAMOTO, 1961) e posteriormente na Florida e em muitos outros países da América Latina, dentre estes o Brasil, para o controle de *Anastrepha* spp. e *C. capitata* (CARVALHO; NASCIMENTO; MATRANGOLO, 2000). Com a liberação aumentativa de *D. longicaudata* em Chiapas, no México, a supressão de populações de

*Anastrepha* spp. (*A. obliqua* e *A. ludens* Loew) atingiu 68,7%, demonstrando a eficácia do controle biológico utilizando-se este parasitoide (MONTTOYA et al., 2000).

Em setembro de 1994, o parasitoide exótico *D. longicaudata* foi importado para o Brasil, oriundo do Department of Plant Industry (DPI), Gainesville, Flórida (EUA), pela EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical, com o apoio do Laboratório de Quarentena “Costa Lima”, da Embrapa Meio Ambiente. A partir daí, o Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia (LIARE), do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) passou a produzir massalmente esse braconídeo em larvas irradiadas da linhagem bissexual de *C. capitata* (WALDER et al., 1995). Após sua introdução no país, pesquisas com o objetivo de avaliar sua eficiência em diferentes ecossistemas do Brasil foram realizadas, com liberações nos estados da Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Amazonas (ALVARENGA et al., 2005; CARVALHO, 2005; MATRANGOLO et al., 1998; SUGAYAMA, 2000; WALDER; SARRIÉS, 1995). No Recôncavo Baiano esse parasitoide foi liberado num esforço de estabelecê-lo definitivamente para controlar populações de moscas-das-frutas (CARVALHO, 2005). Em Minas Gerais, Alvarenga et al.(2005) demonstram a possibilidade de estabelecimento de *D. longicaudata* na região semiárida do norte do Estado, com liberações e recuperações bem sucedidas.

Apesar dos esforços, os trabalhos desenvolvidos no Brasil com este parasitoide, se restringiram a aspectos biológicos e morfológicos (VALLE, 2006), capacidade de parasitismo (PARANHOS et al., 2007b), preferência hospedeira (MEIRELLES et al., 2013), qualidade do hospedeiro (OLIVEIRA et al., 2014), superparasitismo (ALTAFINI et al., 2013), mas pouco ou nada foi feito com relação à sua capacidade de reduzir populações em campo.

#### 2.4 Liberações inundativas de parasitoides

A liberação de um parasitoide é o ato de soltar este inimigo natural no campo para que reduza o índice populacional de um determinado inseto-praga (PINTO; PARRA, 2002). Em locais que apresentam baixos índices naturais de parasitismo de moscas-das-frutas, o controle biológico aplicado com liberações inundativas de inimigos naturais é de grande valia para o manejo integrado (CANAL; ZUCCHI, 2000).

Um dos entraves para o desenvolvimento do programa de controle biológico com o uso de parasitoides é a falta de informações sobre a tecnologia de liberação destes inimigos naturais nas diversas regiões do Brasil. Portanto, para que se possa recomendar uma espécie

para controle biológico, numa determinada cultura e região, é necessário antes conhecer sua atuação em campo (PINTO; PARRA, 2002; ZACHRISSON; PARRA, 1998).

Na Bahia, cerca de 50.000 espécimes de *D. longicaudata* foram liberados em campo no município de Conceição do Almeida, entre setembro/95 e setembro/96, sendo recuperados 104 indivíduos em goiaba (*Psidium guajava*), carambola (*Averroa carambola*), pitanga (*Eugenia brasiliensis*) e manga (*Mangifera indica*). Além de *D. longicaudata*, foram obtidas as espécies *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti), *Utetes anastrephae* (Viereck) e *Opius* spp. (Hymenoptera: Braconidae) e *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae). O parasitoide exótico foi capaz de parasitar larvas das moscas-das-frutas em todas as fruteiras observadas, demonstrando ser capaz de localizar as larvas de moscas-das-frutas neotropicais e participar do controle biológico desta praga, complementando a ação dos parasitoides nativos (CARVALHO et al., 2000). Em liberações de *D. longicaudata* realizadas em pomares de goiaba na região semiárida do norte de Minas Gerais (aproximadamente 68.900 espécimes), Alvarenga et al.(2005) recuperaram um baixo número de adultos (37 no total). Entretanto, os autores concluíram que, apesar da baixa taxa de recuperação, *D. longicaudata* possui chances de se estabelecer, já que o parasitoide exótico conseguiu completar o ciclo nessas condições. Em cafezais, também no norte de Minas Gerais, *D. longicaudata* foi capaz também de exercer o parasitismo e de completar seu ciclo em larvas de *C. capitata* infestando frutos de café, após a liberação, mesmo com o baixo número de espécimes recuperados (CAMARGOS et al., 2010).

Os resultados das liberações inundativas de *D. longicaudata* em outros países têm sido expressivos. Em pomares de manga no município de Frontera Hidalgo, Chiapas, México, a liberação de *D. longicaudata* (1.000 parasitoides/ha) suprimiu 2,7 vezes a população de *Anastrepha* spp., numa área de 1.600 hectares, obtendo-se índices de parasitismo de 68,7% (MONTROYA et al., 2000). Testes de redução populacional de *A. suspensa* realizados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) demonstraram que houve uma redução de 90 a 95% na população de *A. suspensa*, após a liberação semanal de 20 a 60 mil parasitoides/km<sup>2</sup> (SIVINSKI et al., 1996).

O desafio do controle biológico aplicado é produzir, em laboratório, inimigos naturais competitivos com os da natureza. Agentes de controle biológico de qualidade são aqueles capazes de controlar o inseto-alvo após sua liberação em campo (VAN LENTEREN, 2003). Alguns fatores, tais como o número de pontos, a técnica, a frequência e o intervalo de liberações, a arquitetura e idade da planta e as condições climáticas interferem na eficiência em liberações inundativas e, conseqüentemente, na eficiência dos parasitoides no campo.

Além destes fatores, a presença de outros inimigos naturais, a preferência hospedeira, o número de insetos liberados, entre outros, também podem alterar a eficiência do parasitoide (BUENO, 2008; PINTO; PARRA, 2002).

O desempenho do parasitoide está relacionado à qualidade do hospedeiro (SCHMIDT, 1994), à adaptabilidade e à capacidade intrínseca da linhagem sob as condições de cada agroambiente (PRATISSOLI et al., 2002). O hospedeiro pode ser nutricionalmente inadequado ou insuficiente para que o parasitoide complete seu desenvolvimento, e neste caso, as condições nutricionais e ambientais nas quais se desenvolveu o hospedeiro, podem afetar a razão sexual, o tempo de desenvolvimento, a fecundidade e a longevidade do parasitoide (VINSON; IWANTSCH, 1980). Desta forma, o desempenho do parasitoide está relacionado não só às técnicas de liberação e condições do ambiente onde é liberado, mas principalmente à qualidade do hospedeiro (BAI et al., 1992; SCHMIDT, 1994). Portanto a escolha do hospedeiro de criação é de suma importância na etapa de criação do parasitoide em laboratório, já que a escolha adequada poderá garantir o sucesso do programa de controle biológico.

Na criação do parasitoide *D. longicaudata* para o controle de moscas-das-frutas, tanto *C. capitata* (OVRUSKI et al., 2003) quanto *A. fraterculus* (OVRUSKI et al., 2007) se mostraram hospedeiros adequados. No entanto, o tamanho do hospedeiro pode ser um fator determinante para a qualidade do parasitoide. Por exemplo, quando larvas maiores de *C. capitata* foram utilizadas na criação de *D. longicaudata*, houve um aumento na porcentagem de parasitismo, no número de fêmeas na progênie e na longevidade das fêmeas da progênie, podendo proporcionar vantagens econômicas quando utilizadas para liberação aumentativa no campo (OLIVEIRA et al., 2014). Por outro lado, Ovruski et al. (2011) concluíram que o rendimento de fêmeas na progênie do parasitoide pode ser altamente melhorada usando larvas de *A. fraterculus* como hospedeiro em vez de larvas de *C. capitata*. No entanto, outros fatores também devem ser levados em consideração quando os parasitoides são liberados em campo. As variações comportamentais destes insetos estão relacionadas a fatores bióticos e abióticos, além da interação entre eles, e, de forma direta ou indireta, influenciam na eficiência do parasitismo (NASCIMENTO, 2011).

Segundo Jirón e Mexzon (1989), na Costa Rica *D. longicaudata* foi encontrado parasitando em maior proporção espécies do gênero *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). Ovruskiet al. (2011) realizaram em laboratório testes de livre escolha com *D. longicaudata*, utilizando-se larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus* e concluíram que as fêmeas do parasitoide não têm uma preferência significativa para as larvas de nenhuma das espécies. No entanto, no

ensaio sem livre escolha, as fêmeas mostraram uma significativa preferência por parasitar larvas de *A. fraterculus*, quando este foi o mesmo hospedeiro na qual foi criado. Diante disso, para se desenvolver metodologias para liberações inundativas de *D. longicaudata* no controle de moscas-das-frutas, torna-se necessário, inicialmente, pesquisas adicionais de preferência hospedeira em campo, visando melhor definir a especificidade de fêmeas deste parasitoide para sinais químicos de larvas de ambas as espécies, *A. fraterculus* e *C. capitata*. Além disso, existe a necessidade de estudar o comportamento de dispersão dos parasitoides criados em cada um dos hospedeiros.

## 2.5 Dispersão de parasitoides

A dispersão pode ser usada para designar a difusão e migração dos indivíduos de uma população; ou pode ser relacionada com a distribuição espacial dos indivíduos de uma população em um dado momento (DOBZHANSKY, 1973; KAREIVA, 1986; TURCHIN, 1989). O conhecimento da capacidade de dispersão de parasitoides é uma ferramenta importante na determinação do número de pontos de liberação e, conseqüentemente, na elaboração de metodologias que viabilizem a eficiência deste grupo de insetos no campo, principalmente em liberações inundativas. A determinação do número de pontos de liberação por unidade de área possui papel fundamental na adoção do programa de liberação de um agente de controle biológico, uma vez que os custos de liberação estão diretamente relacionados a este número (ZACHRISSON; PARRA, 1998).

O processo de busca realizado pelo parasitoide no campo é dividido em quatro fases: a localização do habitat do hospedeiro, a localização do hospedeiro propriamente dito, a aceitação do hospedeiro e o parasitismo (van ALPHEN; VET, 1986; VINSON, 1985). As características intrínsecas de cada cultura, em função da condição microclimática criada pela mesma, podem afetar essa capacidade de busca, pela variação da temperatura em cada condição (BIEVER, 1972). Diferentes distâncias do local de liberação podem resultar em variabilidade na taxa de parasitismo em uma dada cultura, como uma consequência das características biológicas do parasitoide, por exemplo, a sua capacidade de voo e/ou as características inerentes a própria cultura, o que pode funcionar como uma barreira física dificultando a dispersão dos parasitoides. Portanto, estas variações dependem tanto do tipo e do desenvolvimento da cultura estudada quanto das características biológicas do parasitoide escolhido (BUENO et al., 2012).

Pratissoli et al. (2005) estudaram a capacidade de dispersão de *T. pretiosum* Riley em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller), na cultura do tomateiro, em diferentes estágios fenológicos e sistemas de condução das plantas. Verificaram que a distância percorrida por *T. pretiosum*, 24 horas após a liberação foi de 7,37 a 7,94 m. A área de dispersão foi de 120,20 a 138,72 m<sup>2</sup>, e o parasitismo de 53,1% a 87,3%, sendo diferente dependendo do estágio fenológico da cultura. Os autores definiram 75 pontos de liberação dos parasitoides por hectare para o controle de *Tuta absoluta* (Meyrick).

A influência de fatores abióticos (temperatura, umidade, pressão atmosférica, intensidade de luz e velocidade do vento), na capacidade de vôo e na taxa de parasitismo foram estudadas para o parasitoide de ovo-pupa, *Fopius arisanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae), no controle da mosca-das-frutas *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera: Tephritidae) em grandes gaiolas de campo (2,5 m de altura por 3 m de diâmetro) contendo quatro plantas jovens de manga em vasos (ROUSSE et al., 2009). A temperatura e a umidade influenciaram na atividade de vôo e na taxa de parasitismo deste inseto, a pressão atmosférica influenciou na atividade de vôo e os demais parâmetros não exerceram influência no comportamento deste parasitoide.

Paranhos et al. (2007a) avaliaram os padrões de dispersão de *D. longicaudata* em citrus no interior de São Paulo e verificaram que os parasitoides chegaram a uma distância de 40 m, dispersando-se mais durante o verão do que no inverno. Em liberação de *D. longicaudata* realizada em pomar de goiaba na região norte do Estado do Rio de Janeiro, Leal (2008) observou a visitação de fêmeas do parasitoide em unidades de parasitismo dispostas a 20 m de distância do ponto de liberação, após 24 h da liberação do parasitoide. Camargos (2010) avaliou a dispersão de *D. longicaudata* criado no hospedeiro *C. capitata* em cafezal irrigado ao longo dos meses de dezembro a abril, na região norte de Minas Gerais. O clima do local é considerado semiárido com temperaturas médias de 25°C. A distância média percorrida pelo parasitoide, 24 h após a liberação, foi de 35,2 m e a área de dispersão média de 1.899,3 m<sup>2</sup>.

A capacidade de dispersão do parasitoide *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) foi determinada no cultivo de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) parasitando ovos de *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Foram avaliados os efeitos da velocidade e direção eólicas, do tamanho de plantas e da disponibilidade de hospedeiros e o gradiente de temperatura. A temperatura afetou a iniciação de vôo de machos e fêmeas de *T. remus*, sendo a maior percentagem de vôo observada aos 27°C. A direção eólica, o tamanho das plantas e a

disponibilidade de hospedeiros influenciaram a movimentação das fêmeas *T. remus*, e, conseqüentemente, o seu padrão de dispersão (SILVA, 2007).

Os parasitoides braconídeos são os principais inimigos naturais de larvas que causam prejuízos à fruticultura e destacam-se por sua especificidade e eficiência (MENDES, 2001). Esses podem orientar-se para o habitat de seus hospedeiros, guiados por substâncias químicas voláteis liberadas diretamente pelas plantas ou pelas estruturas atacadas como resultado direto ou indireto da atividade de alimentação do hospedeiro (TURLINGS et al., 1993; SEGURA et al., 2012 ) e/ou por substâncias voláteis atrativas (caimônios) que atraem o parasitoide ao hábitat do hospedeiro (VINSON, 1976; GREANY et al., 1984; SEGURA et al., 2012).

Um composto específico lançado por larvas de várias espécies Tephritidae é capaz de aumentar a capacidade de busca de *D. longicaudata* por hospedeiros a curtas distâncias (STUHL et al., 2011). Além disso, fêmeas de *D. longicaudata* podem usar sinais químicos produzidos tanto pelo habitat quanto pelas larvas hospedeiras durante a busca pelo hospedeiro (SEGURA et al., 2012). No entanto, o que se tem de informações sobre estes voláteis e sua função sobre os parasitoides são somente resultados de laboratório. Apesar de *D. longicaudata* ser amplamente estudado, inclusive com relação aos voláteis que o atraem para o hospedeiro, conhecimentos adicionais devem ser buscados em condições de campo, observando-se, por exemplo, a eficiência de *D. longicaudata* criado em larvas de tefritídeos de diferentes espécies na busca por hospedeiros de diferentes espécies.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

As liberações e recuperação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* foram realizadas de março/2014 a maio/2015 em um talhão de 15 ha de goiaba ‘Paluma’, pertencentes à fazenda “Sucesso” da empresa Pomar Brasil Agroindustrial, localizada no Projeto de Irrigação do Jaíba, município de Jaíba, norte do Estado de Minas Gerais (15°14'03.7"S 43°56'54.0"W) (Figura 1). A fazenda possui 330 ha de goiaba plantados, destinados à produção de polpa, cultivada com espaçamento 3x6 m e irrigada por aspersão. O clima local é considerado semiárido tropical (classificação de Köppen) e é caracterizado por invernos secos. A temperatura média na região é de 24°C, altitude de 500 m, com uma precipitação média anual de 871 mm (SILVA et al., 2012). Durante o período de estudo a produção de frutos no pomar ficou suspensa e as podas foram abandonadas, sendo mantida apenas a irrigação.

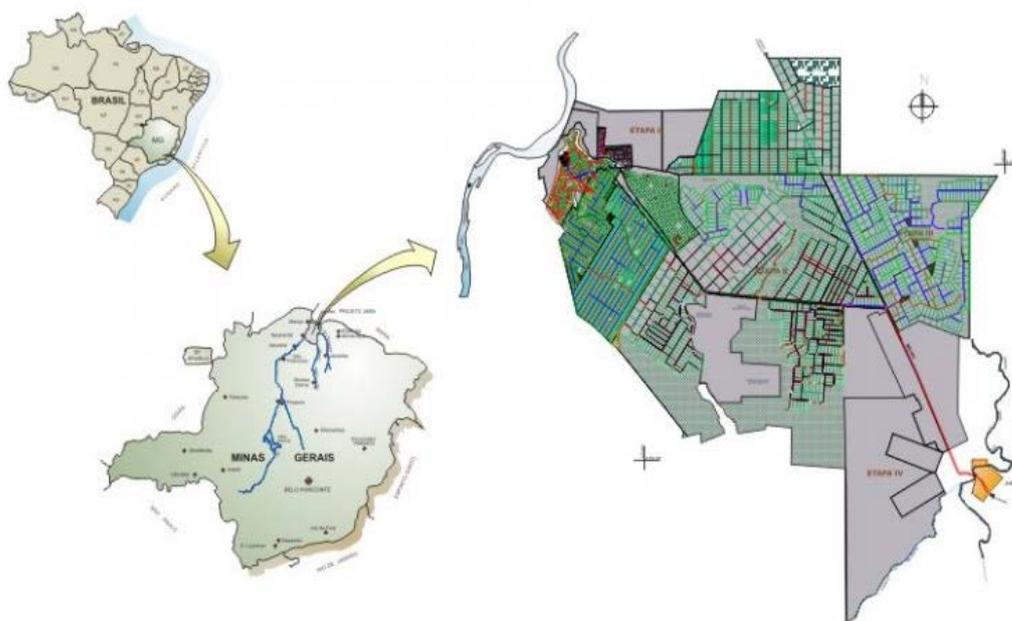


Figura 1 - Localização do Projeto de Irrigação do Jaíba, Jaíba, MG

### 3.2 Dados meteorológicos

As informações climáticas foram obtidas da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), localizada em Mocaminho, no município de Jaíba, (MG), cerca de 20 km do pomar (Apêndice A).

### 3.3 Criação dos insetos

O laboratório de Controle Biológico da Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), em Janaúba – MG já vinha mantendo criações de *D. longicaudata* e de *Ceratitis capitata*. Para a realização deste trabalho foi iniciada a criação de *Anastrepha fraterculus* bem como do parasitoide *D. longicaudata* sobre este hospedeiro, à partir de pupários provenientes do Laboratório de Radioentomologia do CENA/USP, Piracicaba, SP. *D. longicaudata* foi multiplicado utilizando-se larvas de 3º estágio de *C. capitata* e de *A. fraterculus* como hospedeiros, originando duas linhagens denominadas de LC e LA (linhagem *Ceratitis* e linhagem *Anastrepha*, respectivamente) que foram criadas separadamente. As metodologias seguidas para a criação de *C. capitata* e *D. longicaudata* (as duas linhagens) foram de Alvarenga et al. (2005) e Carvalho e Nascimento (2002). Para a criação de *A. fraterculus* foi adaptada a metodologia de criação de Morelli-de-Andrade (2013) e dieta de Salles (1992).

### 3.4 Liberação e recaptura de parasitoides

Foram realizadas liberações de cerca de 3.000 parasitoides (01:03, machos: fêmeas), sempre às 8 h, com intervalo mínimo de 3 semanas entre as liberações, visando evitar misturas sucessivas de parasitoides liberados durante o estudo de dispersão. Os parasitoides foram liberados com idade entre sete e oito dias, uma vez que, segundo Sugayama (2000), *D. longicaudata* atinge a máxima capacidade de parasitismo no período compreendido entre 4 e 13 dias de idade. Os insetos foram liberados sob a copa das árvores, na região central do pomar, à partir das gaiolas que foram abertas e voltadas para as plantas. Estas gaiolas possuíam a parte de cima telada e fechada com velcro, o que permitiu a liberação dos parasitoides das próprias gaiolas.

Antes de liberar os parasitoides, uma “unidade de parasitismo” foi colocada em cada ponto previamente marcado, visando obter o parasitismo pelas fêmeas liberadas em diferentes distâncias e direções e, assim, verificar a distância (raio) e a área de dispersão de

*D. longicaudata* em campo. As “unidades de parasitismo” consistiram de pequenas trouxas confeccionadas com tecido *voile* contendo em média 20 larvas de 3º ínstar da mosca hospedeira mais dieta artificial da mosca (Figura 2). Essas "unidades de parasitismo" foram penduradas nas plantas do pomar, a uma altura entre 1,0 e 1,3 m do solo e dispostas em distâncias regulares de 6 a 272 metros de distância do ponto de liberação e 12 m entre si, nas direções norte, sul, leste e oeste, e 17 m entre si nas direções noroeste, nordeste, sudoeste e sudeste. As distâncias médias de cada raio de dispersão foram calculadas por meio do somatório das distâncias de todos os pontos no raio dividido pelo número de pontos em cada raio (Tabela 1).



Figura 2 – “Unidades de parasitismo” dispostas em plantas de goiaba em Jaíba, MG.

As "unidades de parasitismo" permaneceram 24 h no pomar quando então foram retiradas e substituídas por outras novas, também retiradas após 24 h. Aos 7 e 15 dias após a liberação dos parasitoides novas "unidades de parasitismo" foram distribuídas no pomar e mantidas por 24 h. Desta forma foi avaliada a dispersão e permanência dos parasitoides liberados após 1, 2, 7 e 15 dias (24 h, 48 h, 168 h e 360 h, respectivamente).

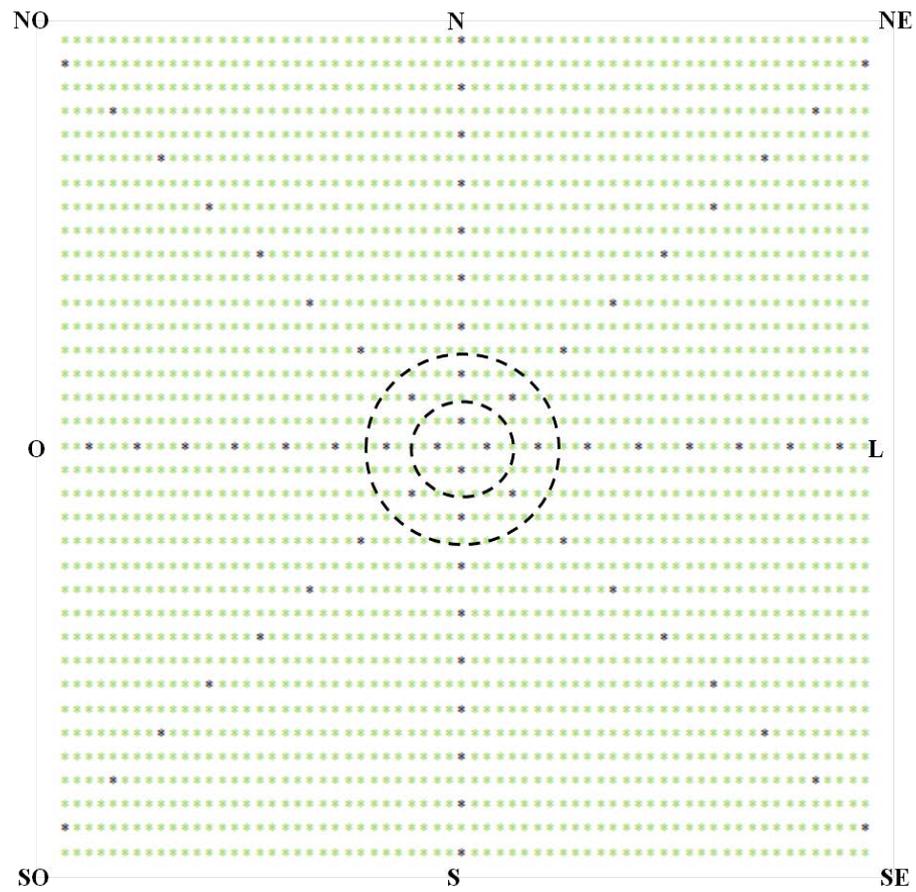


Figura 3 - Croqui da distribuição dos pontos para a avaliação da capacidade de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* liberados em pomar de goiaba. Apenas duas circunferências (raios) foram representadas para fins de ilustração

Tabela 1 – Distâncias médias dos raios de dispersão ao centro do talhão de liberação de *Diachasmimorpha longicaudata*

Raio	Distancia média do centro (m)	Pontos
1	6	N <sub>1</sub> , S <sub>1</sub> , L <sub>1</sub> , O <sub>1</sub>
2	17,5	N <sub>2</sub> , L <sub>2</sub> , L <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NE <sub>1</sub> , NO <sub>1</sub> , SE <sub>1</sub> , SO <sub>1</sub>
3	30,5	N <sub>3</sub> , S <sub>3</sub> , L <sub>3</sub> , O <sub>3</sub> , NE <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SE <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
4	46,5	N <sub>4</sub> , S <sub>4</sub> , L <sub>4</sub> , O <sub>4</sub> , NE <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> , SE <sub>3</sub> , SO <sub>3</sub>
5	61	N <sub>5</sub> , S <sub>5</sub> , L <sub>5</sub> , O <sub>5</sub> , NE <sub>4</sub> , NO <sub>4</sub> , SE <sub>4</sub> , SO <sub>4</sub>
6	75,5	N <sub>6</sub> , S <sub>6</sub> , L <sub>6</sub> , O <sub>6</sub> , NE <sub>15</sub> , NO <sub>15</sub> , SE <sub>15</sub> , SO <sub>15</sub>
7	90	N <sub>7</sub> , S <sub>7</sub> , L <sub>7</sub> , O <sub>7</sub> , NE <sub>16</sub> , NO <sub>16</sub> , SE <sub>16</sub> , SO <sub>16</sub>
8	104	N <sub>8</sub> , S <sub>8</sub> , L <sub>8</sub> , O <sub>8</sub> , NE <sub>17</sub> , NO <sub>17</sub> , SE <sub>17</sub> , SO <sub>17</sub>
9	119	N <sub>9</sub> , S <sub>9</sub> , L <sub>9</sub> , O <sub>9</sub> , NE <sub>18</sub> , NO <sub>18</sub> , SE <sub>18</sub> , SO <sub>18</sub>
10	133	N <sub>10</sub> , S <sub>10</sub> , L <sub>10</sub> , O <sub>10</sub> , NE <sub>19</sub> , NO <sub>19</sub> , SE <sub>19</sub> , SO <sub>19</sub>
11	148	N <sub>11</sub> , S <sub>11</sub> , L <sub>11</sub> , O <sub>11</sub> , NE <sub>10</sub> , NO <sub>10</sub> , SE <sub>10</sub> , SO <sub>10</sub>
12	162	N <sub>12</sub> , S <sub>12</sub> , L <sub>12</sub> , O <sub>12</sub> , NE <sub>11</sub> , NO <sub>11</sub> , SE <sub>11</sub> , SO <sub>11</sub>
13	177	N <sub>13</sub> , S <sub>13</sub> , L <sub>13</sub> , O <sub>13</sub> , NE <sub>12</sub> , NO <sub>12</sub> , SE <sub>12</sub> , SO <sub>12</sub>
14	191	N <sub>14</sub> , S <sub>14</sub> , L <sub>14</sub> , O <sub>14</sub> , NE <sub>13</sub> , NO <sub>13</sub> , SE <sub>13</sub> , SO <sub>13</sub>
15	206	N <sub>15</sub> , S <sub>15</sub> , L <sub>15</sub> , O <sub>15</sub> , NE <sub>14</sub> , NO <sub>14</sub> , SE <sub>14</sub> , SO <sub>14</sub>
16	220	N <sub>16</sub> , S <sub>16</sub> , L <sub>16</sub> , O <sub>16</sub> , NE <sub>15</sub> , NO <sub>15</sub> , SE <sub>15</sub> , SO <sub>15</sub>

Foram realizadas liberações de parasitoides e recuperados em “unidades de parasitismo” contendo larvas de *C. capitata* e/ou *A. fraterculus* distribuídos na área a fim de verificar a dispersão dos parasitoides das duas linhagens (LA e LC), a porcentagem de parasitismo de cada linhagem em cada um dos dois hospedeiros e a preferência de parasitismo nos diferentes hospedeiros. Desta forma, foram realizadas cinco liberações onde o parasitoide não teve chance de escolha pelo hospedeiro (foram penduradas “unidades de parasitismo” contendo apenas uma das espécies hospedeiras) e outras seis liberações onde o parasitoide teve livre chance de escolha pela espécie hospedeira (duas “unidades de parasitismo” contendo cada uma um hospedeiro diferente foram penduradas lado a lado em cada ponto) (Figura 2, Tabela 2).

Tabela 2- Liberações de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomar comercial de goiaba no norte de Minas Gerais, Brasil. LC= Linhagem *Ceratitidis*; LA= Linhagem *Anastrepha*

Escolha do hospedeiro	Linhagem liberada	Hospedeiro	Data de liberação
Sem escolha	LC	<i>C. capitata</i>	26/03/2014
	LC	<i>A. fraterculus</i>	15/04/2014
	LA	<i>A. fraterculus</i>	08/05/2014
	LA	<i>C. capitata</i>	02/07/2014
	LC	<i>C. capitata</i>	26/11/2014
Com escolha	LA	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	23/07/2014
	LA	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	20/08/2014
	LC	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	29/10/2014
	LA	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	14/01/2015
	LC	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	24/03/2015
	LA	<i>A. fraterculus</i> e <i>C. capitata</i>	28/04/2015

Após o período de permanência em campo as “unidades de parasitismo” retiradas foram abertas e as larvas acondicionadas em copos plásticos de 100 ml contendo uma camada de vermiculita umedecida. Os recipientes foram mantidos em laboratório para a obtenção dos insetos adultos (moscas e/ou parasitoides). Após a emergência das moscas e/ou parasitoides, os adultos foram retirados, contabilizados e os parasitoides transferidos para recipientes contendo álcool 70%, onde permaneceram até a identificação. Para isto foi utilizada a chave de identificação específica de Canal e Zucchi (2000) para parasitoides braconídeos. Os espécimes foram depositados na coleção do Laboratório de Controle Biológico da Unimontes, em Janaúba (MG).

### 3.5 Análise dos dados

A porcentagem de parasitismo (%P) nas “unidades de parasitismo” foi obtida para cada coleta (tempo após a liberação) de cada uma das liberações nas diferentes distâncias (raios) do centro da área de goiaba onde foram liberados os parasitoides, por meio da fórmula:

$$\%P = [\text{número de adultos do parasitoide emergidos} / \text{número total de adultos emergidos} \\ (\textit{D. longicaudata} \text{ e moscas-das-frutas})] \times 100$$

A razão sexual dos parasitoides emergidos foi calculada conforme a fórmula:

$$RS = \text{número de fêmeas} / (\text{número de machos} + \text{número de fêmeas}).$$

A mortalidade das larvas dos hospedeiros nas “unidades de parasitismo” foi calculada pela fórmula:

$$M(\%) = [\text{número de pupas} - \text{número de adultos emergidos (D. longicaudata e moscas-das-frutas)}] \times 100 / \text{número de pupas}.$$

Os dados foram analisados utilizando modelos lineares generalizados de efeito misto através da função `glmer` presente no pacote `lme4` no Sistema Estatístico R (BATES et al., 2015, R CORE TEAM, 2015). Foram utilizados como parâmetros de comparação: linhagem do parasitoide liberado, hospedeiro, raio (distância), tempo, escolha hospedeira, direção de dispersão, clima e todas as interações duplas entre estas variáveis.

### 3.5.1 Seleção de Modelos

Foram criados dois modelos independentes, um modelo sem considerar o tempo após a liberação dos parasitoides e outro modelo sem considerar o raio de dispersão, ou seja, um corrigindo a pseudorepetição espacial e testando o raio de dispersão (chamado de modelo espacial) e outro modelo corrigindo a pseudorepetição temporal e testando o tempo de dispersão (chamado modelo temporal). Os modelos completos foram criados considerando as seguintes variáveis explicativas: linhagem do parasitoide, hospedeiro, raio (distância), tempo, escolha hospedeira e todas as interações duplas entre estas variáveis, retirando raio de um e tempo do outro. Para corrigir a pseudorepetição espacial, foram aninhadas as direções dentro dos raios, dentro de cada liberação. A partir do modelo completo foi realizada uma seleção do melhor modelo utilizando-se o método *stepwise* e selecionando pelo menor valor de AIC (Critério de Informação de Akaike) (BURNHAM; ANDERSON, 2004). Foi utilizado o pacote `MuMIn` para a seleção dos modelos (BARTÓN, 2015).

O AIC foi calculado pela fórmula:

$$-2 * \log - \text{likelihood} + k * npar$$

Onde:  $n_{par}$  é o número de parâmetros do modelo e  $k$  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  $k=3,84$ .

### 3.5.2 Distância e tempo com 50% e 90% de eficiência de parasitismo

Foram feitas estimativas do raio e do tempo em que 50% e 90% das larvas hospedeiras já haviam sido parasitadas, sendo denominadas de RP (raio de parasitismo) e TP (tempo de parasitismo). Para isso foram utilizadas as seguintes equações com os parâmetros estimados pela análise anterior (item 3.5.1), isolando o raio e o tempo em uma equação logística 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 (tempo ou 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:

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

### 3.5.3 Dispersão do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (linhagens LA e LC) em pomar de goiaba

A distância média de dispersão (DM) e a área de dispersão ( $S^2$ ) atingidas pelas duas linhagens do parasitoide em pomar de goiaba, em cada liberação e cada tempo, foram determinadas pelo modelo proposto por Dobzhansky e Wright (1943), conforme abaixo:

$$S^2 = \frac{\sum \left( r^3 * \frac{i}{a} \right)}{\sum \left( r * \frac{i}{a} \right) + \frac{C}{2\pi}}$$

$$DM = \frac{\sum \left( r^2 * \frac{i}{a} \right)}{\sum \left( r * \frac{i}{a} \right) + \frac{C}{2\pi}}$$

Onde:

$S^2$  = área de dispersão ( $m^2$ ) durante o período experimental;

DM = distância média (m) de dispersão dos parasitoides durante o período experimental;

r = distância (m) do centro às “unidades de parasitismo”;

a = nº de “unidades de parasitismo” por círculo (quatro para o primeiro e o último círculos, e oito para os demais círculos, nas distâncias (raios) estudadas);

C = média de parasitoides no círculo central;

i = porcentagem de parasitismo em cada círculo.

#### 3.5.4 Direção de dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata*

Foram construídos quatro modelos, um para cada combinação de hospedeiro e linhagem, sem considerar as situações de livre chance de escolha ou não, para testar as direções de dispersão. Foi usado GLM com distribuição quasibinomial e em seguida realizada uma análise de contraste entre as direções (CRAWLEY, 2007).

##### 3.5.4.1 Análise circular

Com o objetivo de verificar a direção de dispersão seguida pelos parasitoides *D. longicaudata* após a liberação no pomar de goiaba foi realizada uma análise circular. Esta análise é recomendada em casos em que se têm medidas circulares que são registradas em fenômenos com observações direcionais. Para isto realizou-se o teste de Watson que verifica o ajustamento dos dados circulares em relação à distribuição de von Mises, utilizando-se os

pacotes Circular e CircStat (JAMMALAMADAKA; SENGUPTA, 2001), implementados para o *software R*, mencionado no item 3.5. Em seguida foram gerados os diagramas do tipo *rose diagram* no qual se obtém a distribuição dos dados em função da circunferência. A área de cada setor desse gráfico é proporcional à frequência observada na amostra da respectiva direção. Desta forma, a direção foi avaliada pelo tamanho dos setores, pois quanto maior o setor, maior a frequência do parasitoide na direção.

## 4 RESULTADOS

Foram realizadas 11 liberações de parasitoides entre março de 2014 e abril de 2015 (Tabela 2). Destas foram recuperados o total de 10.351 parasitoides (3.305 fêmeas e 7.046 machos) todos pertencentes à espécie liberada *Diachasmimorpha longicaudata*. Foram recuperados 769 parasitoides do hospedeiro *Anastrepha fraterculus* e 9.582 de *Ceratitis capitata*. O maior número de parasitoides recuperados foi obtido após as liberações da Linhagem *Anastrepha* (Tabela 3).

Tabela 3 – Parasitoides recuperados de “unidades de parasitismo” e razão sexual após 11 liberações de parasitoides de duas linhagens (Linhagem *Anastrepha* e Linhagem *Ceratitis*) em pomar de goiaba no norte de Minas Gerais

Hospedeiro	Sexo dos parasitoides	Linhagem <i>Anastrepha</i>		Linhagem <i>Ceratitis</i>		Total
		Número	Razão sexual	Número	Razão sexual	
<i>Anastrepha fraterculus</i>	Machos	453	0,34	57	0,28	510
	Fêmeas	237		22		259
<i>Ceratitis capitata</i>	Machos	4.053	0,30	2.483	0,34	6.536
	Fêmeas	1.761		1.285		3.046
Total		6.504	0,31	3.847	0,34	10.351

### 4.1 Mortalidade

A recuperação de adultos provenientes das larvas de *A. fraterculus* foi menor do que aqueles provenientes do hospedeiro *C. capitata* durante o período de estudo (Tabela 3). Dessa forma, a mortalidade das larvas dos hospedeiros foi avaliada por meio da diferença entre o número de pupas recuperadas em cada “unidade de parasitismo” e o total de adultos emergidos (ver Item 3.5).

Um modelo foi criado retirando-se os fatores raio e tempo do modelo completo, apenas para verificar a mortalidade total nos experimentos. O modelo de melhor ajuste para a mortalidade das larvas hospedeiras foi escolhido pelo menor AIC, obtido a partir do método de máxima verossimilhança, utilizando-se a distribuição Binomial com função de ligação logit (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância do modelo de mortalidade total das larvas dos hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* submetidos ao parasitismo por *Diachasmimorpha longicaudata* após sua liberação em pomar de goiaba. São apresentados os fatores significativos com  $p < 0,05$  e demais fatores com interação significativa

AIC= 15249,0				
Fator de variação	GL	SQ	QM	F
Escolha	1	34,0	34,0	33,9818
Hospedeiro	1	26051,5	26051,5	26.051,5026
Linhagem	1	0,0	0,0	0,0043
Escolha:Hospedeiro	1	7,6	7,6	7,5936
Hospedeiro:Linhagem	1	100,1	100,1	100,0873

Não houve diferença significativa para a mortalidade hospedeira quando as larvas foram submetidas ao parasitismo por diferentes linhagens de *D. longicaudata*. Entretanto, houve interação entre a larva hospedeira e a linhagem do parasitoide liberado (Tabela 4). A mortalidade de larvas de *C. capitata* oferecidas aos parasitoides das duas linhagens (LA e LC) foi a mesma, tanto com opção de escolha como sem a opção de escolha pelo hospedeiro. No caso das larvas de *A. fraterculus* a mortalidade diferiu entre as linhagens do parasitoide e entre as situações de opção de escolha pelo hospedeiro (Figura 4, Tabela 4). A mortalidade das larvas de *A. fraterculus* foi maior nas liberações onde o parasitoide teve opção de escolha hospedeira, atingindo valores acima de 70% quando liberada a Linhagem *Anastrepha* (Figura 4).

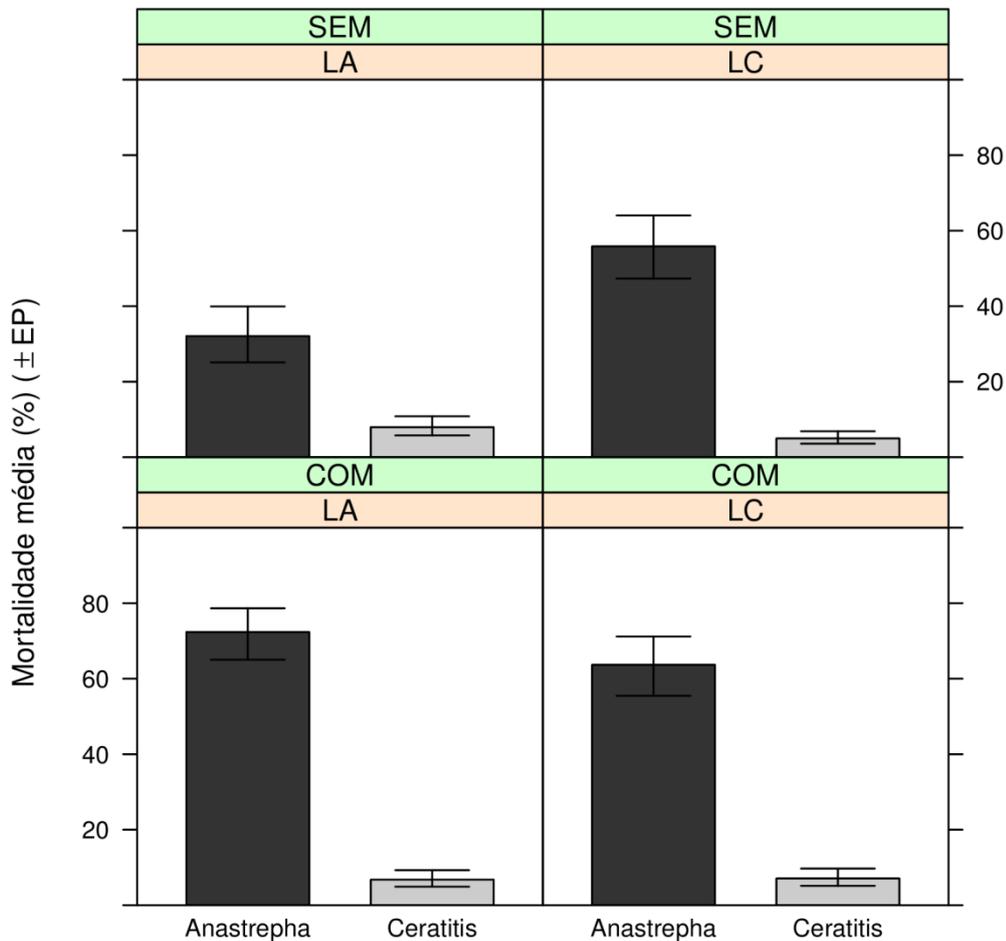


Figura 4 - Mortalidade média das larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em liberações de linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomar de goiaba. LA= Linhagem Anastrepha, LC=Linhagem Ceratitis, COM= com opção de escolha hospedeira, SEM= sem opção de escolha hospedeira

#### 4.2 Porcentagem de Parasitismo

As porcentagens de parasitismo foram obtidas nas liberações com opção de escolha e sem opção de escolha dos hospedeiros pelos parasitoides das diferentes linhagens. No entanto, de acordo com os resultados da análise, onde o modelo de melhor ajuste aos dados foi escolhido pelo menor AIC, não houve diferença para a porcentagem de parasitismo quando as linhagens do parasitoide tiveram ou não tiveram opção de escolha pelo hospedeiro, uma vez que ficam no modelo apenas os fatores significativos que apresentaram  $p < 0,05$  (Tabela 5). Desta forma, os resultados dos testes realizados com e sem a opção de escolha pelo hospedeiro foram analisados conjuntamente, ou seja, foram analisados como repetições.

Tabela 5 - Análise de variância do melhor modelo selecionado pelo menor AIC para testar a porcentagem de parasitismo das linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Anastrepha fraterculus* e de *Ceratitis capitata*. Foram mantidos os fatores significativos que apresentaram  $p < 0,05$  e demais fatores que estavam em interação significativa

Modelo espacial				
AIC= 12908,7				
	GL	SQ	QM	F
Hospedeiro	1	402,62	402,62	402,6167
Linhagem	1	0,57	0,57	0,5744
Log (raio)	1	166,87	166,87	166,8703
Hospedeiro:Linhagem	1	71,02	71,02	71,0181
Modelo temporal				
AIC= 3772,9				
Hospedeiro	1	645,18	645,18	645,1802
Linhagem	1	1,22	1,22	1,2195
Log(tempo)	1	226,90	226,90	226,9010
Hospedeiro:Linhagem	1	94,11	94,11	94,1089
Hospedeiro:log(tempo)	1	63,93	63,93	63,9329

As maiores porcentagens de parasitismo foram observadas em larvas que estavam até o 10º raio de liberação (133 metros). No entanto, o parasitoide das duas Linhagens atingiu as larvas de *A. fraterculus* e de *C. capitata* no último raio de dispersão, a uma distância média de 220 metros do ponto de liberação (Figura 5, Tabela 5).

Não houve diferença significativa entre as linhagens do parasitoide liberadas em relação à porcentagem de parasitismo nas diferentes distâncias de liberação. Entretanto, houve interação da linhagem com o hospedeiro. Quando comparados os hospedeiros, *C. capitata* foi o hospedeiro mais parasitado. A linhagem LA foi a que manteve as mais altas taxas de parasitismo em pontos mais distantes neste hospedeiro quando comparado ao hospedeiro *A. fraterculus* (Figura 5, Tabela 5). A porcentagem de parasitismo variou significativamente com a distância do ponto de liberação, diminuindo à medida que se distanciou do ponto de liberação. No entanto, a velocidade com que a porcentagem de parasitismo diminuiu ao longo dos raios foi a mesma para as duas linhagens liberadas (Figura 5, Tabela 6).

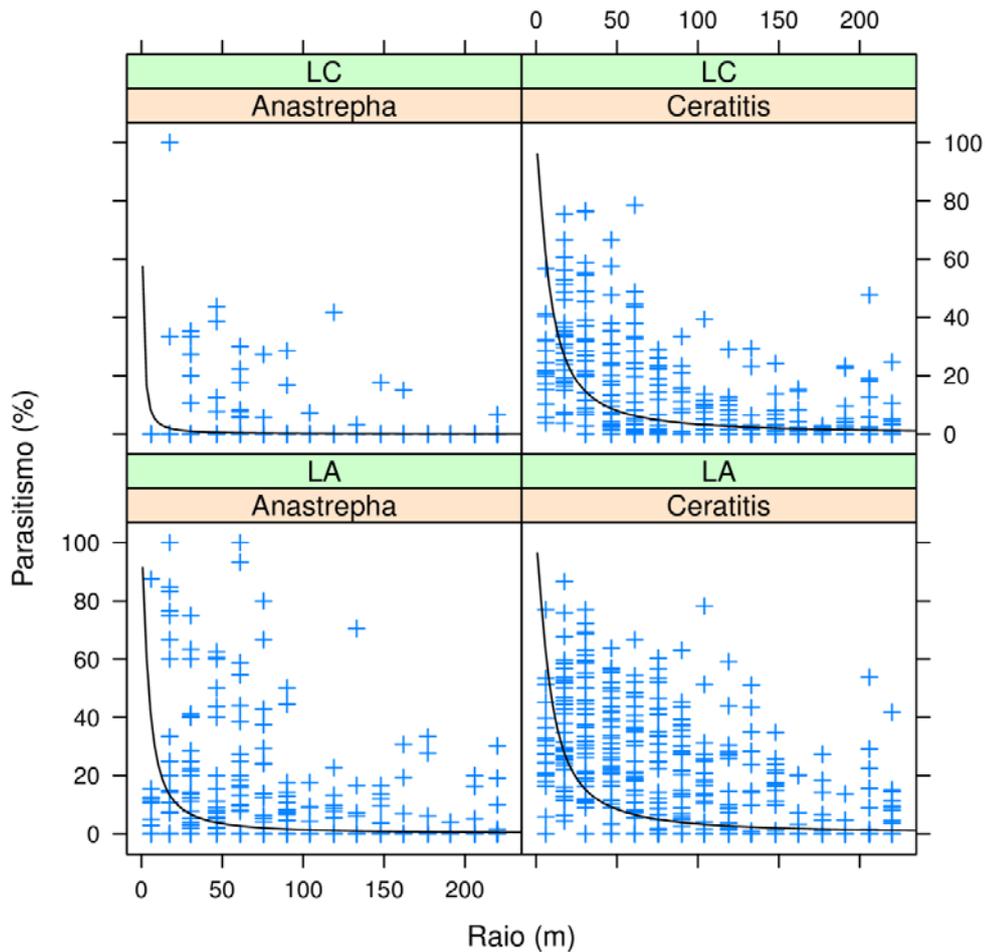


Figura 5 - Porcentagem de parasitismo por duas linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* em “unidades de parasitismo” contendo larvas de *Anastrepha fraterculus* e de *Ceratitis capitata* dispostas em diferentes distâncias do ponto de liberação em pomar de goiaba, Jaíba, Minas Gerais. LA= Linhagem *Anastrepha*, LC= Linhagem *Ceratitis*

Tabela 6 - Parâmetros para as regressões do modelo teórico de raio de parasitismo (Figura 4) realizado pelas linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. AIC=12908,7. LA = Linhagem *Anastrepha*, LC = Linhagem *Ceratitis*

Efeito	Intercepto	Coefficiente de Inclinação
Parasitismo (Anastrepha+LA)	2,02259	-1,36117
Parasitismo (Ceratitis+LA)	2,93627	-1,36117
Parasitismo (Anastrepha+LC)	-0,03857	-1,36117
Parasitismo (Ceratitis+LC)	2,88332	-1,36117

Tanto LA quanto LC parasitaram mais nas primeiras 48 horas as duas espécies hospedeiras (Figura 6). As duas linhagens liberadas mantiveram-se ativas até sete dias (168 h) após a liberação, entretanto, 44 espécimes foram recuperados após 15 dias de liberação. Destes, 35 (79%) eram da linhagem LA, recuperados em larvas de *C. capitata*, 8 (18%) de LA recuperados em *A. fraterculus* e apenas 1 parasitoide de LC recuperado em larvas de *C. capitata* (Figura 6).

As maiores porcentagens de parasitismo ocorreram quando foi liberada LA, nas primeiras horas após a liberação do parasitoide. Independente da linhagem liberada, *C. capitata* foi o hospedeiro que apresentou os maiores índices de parasitismo durante o tempo decorrido após a liberação. Houve interação entre a linhagem e o hospedeiro para o tempo de atividade do parasitoide. Tanto a linhagem LC quanto a LA parasitaram por mais tempo o hospedeiro *C. capitata*. Quanto ao hospedeiro, tanto *C. capitata* quanto *A. fraterculus* foram parasitadas por mais tempo pela linhagem LA (Tabela 5, Figura 6).

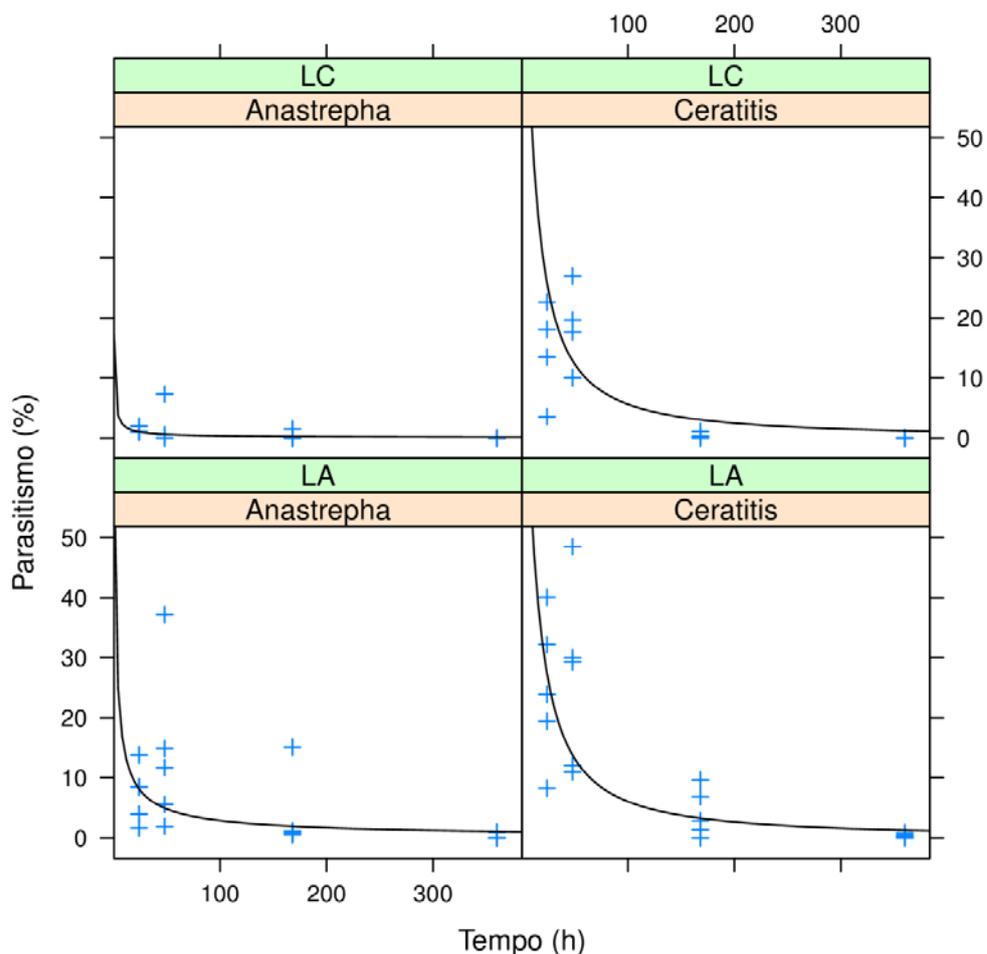


Figura 6 – Porcentagem de parasitismo em larvas de *Anastrepha fraterculus* e de *Ceratitis capitata* após 24, 48, 168 e 360 horas da liberação de duas linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomar de goiaba, Jaíba, Minas Gerais.

#### 4.2.2 Distância atingida e tempo decorrido para o parasitismo de 50% e 90% das larvas hospedeiras disponibilizadas às linhagens de *D. longicaudata*

A distância em que *D. longicaudata* parasitou de 50% até 90% das larvas hospedeiras das “unidades de parasitismo” foi maior quando liberada a linhagem LA. As fêmeas de *D. longicaudata* LA parasitaram 90% das larvas de *C. capitata* que foram disponibilizadas em até 43,44 metros do ponto de liberação e 90% das larvas de *A. fraterculus* disponíveis em até 22,20 metros de distância (Tabela 7). A partir desses pontos a porcentagem de parasitismo foi drasticamente reduzida à medida que se aumentou a distância do ponto de liberação (Figura 5). Independente da linhagem do parasitoide, a capacidade de parasitar até 90% das larvas de *A. fraterculus* nas “unidades de parasitismo” ficou restrita a pontos mais próximos do local de liberação, quando comparadas às larvas de *C. capitata* (Figura 5, Tabela 7).

Tabela 7 - Distância e tempo decorrido até duas linhagens do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* atingir 50% e 90% de sua capacidade de parasitismo em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pomar de goiaba. RP= Raio de parasitismo em metros, TP= Tempo de parasitismo em horas, LA=Linhagem *Anastrepha*, LC=Linhagem *Ceratitis*.

Modelo espacial AIC= 12908,7	Distância percorrida (m)			
	Anastrepha+LA	Anastrepha+LC	Ceratitis+LA	Ceratitis+LC
RP50%	4,41903	0,9720618	8,646601	8,316703
RP90%	22,20101	4,883595	43,44014	41,78275
Modelo temporal AIC= 3772,9	Tempo decorrido (h)			
	Anastrepha+LA	Anastrepha+LC	Ceratitis+LA	Ceratitis+LC
TP50%	1,012529	0,06141036	10,90638	10,2173
TP90%	17,86445	1,083487	64,38836	60,32025

\*p<0,05.

Da mesma forma, o tempo decorrido após a liberação em que *D. longicaudata* atingiu 50% e 90% da sua capacidade de parasitismo em “unidades de parasitismo” foi menor quando os parasitoides LC parasitaram as larvas de *A. fraterculus*. Em apenas uma hora as fêmeas LC já haviam conseguido atingir 90% da capacidade de parasitismo nas larvas deste hospedeiro nos primeiros metros de dispersão (Tabela 7). Entretanto, essa mesma porcentagem de parasitismo em larvas de *C. capitata*, no percurso de dispersão pelas fêmeas da linhagem LC, só foi alcançada após cerca de 60 horas da liberação (Tabela 7, Figura 6). A partir de uma

hora após a liberação a capacidade de parasitismo das fêmeas LC em *A. fraterculus* foi reduzido com o tempo decorrido após a liberação dos parasitoides. No caso das larvas de *C. capitata*, somente após decorridas 60 h da liberação as fêmeas LC começaram a reduzir o parasitismo. Da mesma forma, as fêmeas LA levaram menos tempo para parasitar 90% das larvas disponíveis de *A. fraterculus* que de *C. capitata* no percurso de dispersão no pomar de goiaba (Tabela 7).

#### 4.3 Razão sexual de *Diachasmimorpha longicaudata* em dois hospedeiros após liberação em pomar de goiaba

Foram recuperadas 3.305 fêmeas parasitoides das larvas hospedeiras durante o período de estudo. No geral, a razão sexual neste estudo foi baixa para qualquer um dos hospedeiros ou linhagens, ocorrendo uma maior emergência de machos (Tabela 3).

O modelo de melhor ajuste para a razão sexual selecionado, utilizando a distribuição Binomial, mostrou que a diferença na razão sexual foi significativa apenas entre os hospedeiros (AIC=3098,8; F=5.8811;  $p < 0,05$ ). Apesar de tendenciosa para machos, a razão sexual foi maior quando os parasitoides foram recuperados de *A. fraterculus* (Figura 7), independente da linhagem liberada.

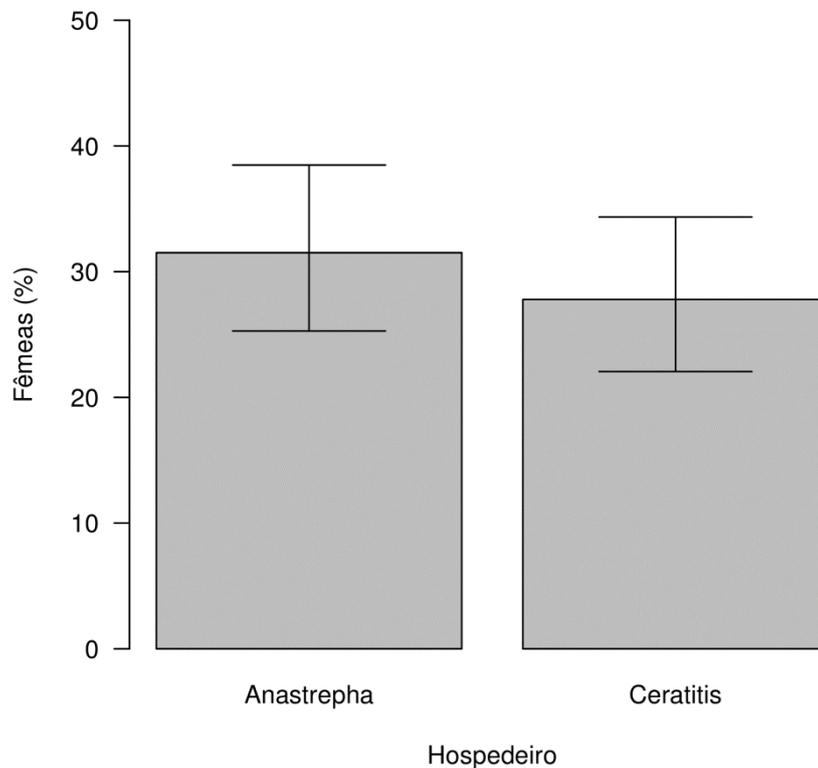


Figura 7– Razão sexual obtida do parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* (LA e LC) em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pomar de goiaba, Jaíba, Minas Gerais. LA= Linhagem *Anastrepha*, LC= Linhagem *Ceratitis*.

#### 4.4 Dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* liberado em pomar de goiaba

Baseando-se no modelo de Dobzhansky e Wright (1943) *D. longicaudata* atingiu a distância média de dispersão de no máximo 173 m e uma área de dispersão de 34.067,17 m<sup>2</sup> após sete dias da liberação na cultura da goiaba. As maiores distâncias e áreas de dispersão foram alcançadas pelas fêmeas LC quando parasitaram larvas de *C. capitata* (Tabela 8). As fêmeas LA foram as que se dispersaram mais rapidamente, atingindo larvas de *A. fraterculus* a uma distância média de 114 m e uma área de dispersão de 17.343,68 m<sup>2</sup>, 24 h após a liberação.

Os cálculos da distância média e da área de dispersão não foram realizados com 360 h (15 dias) após a liberação devido ao baixo número de parasitoides recuperados das “unidades de parasitismo”.

Tabela 8 - Distância média (DM) em m e área de dispersão ( $S^2$ ) em  $m^2$  percorrida por duas linhagens do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* parasitando larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*, após 24, 48 e 168 horas da liberação em pomar de goiaba. Jaíba, Minas Gerais. LC= Linhagem *Ceratitis* e LA= Linhagem *Anastrepha*

Data da liberação	Linhagem	Hospedeiro	24 horas		48 horas		168 horas	
			DM	$S^2$	DM	$S^2$	DM	$S^2$
26/03/2014	LC	<i>C. capitata</i>	66,38	6.827,26	80	10.304,10	45,2	3.139,09
15/04/2014	LC	<i>A. fraterculus</i>	50,85	2.728,85	71,29	6.458,86	51,97	3.615,41
08/05/2014	LA	<i>A. fraterculus</i>	114,29	17.342,68	62,08	6.445,84	66,63	5.084,20
02/07/2014	LA	<i>C. capitata</i>	40,81	2.765,65	37,03	2.085,84	138,68	27.368,24
26/11/2014	LC	<i>C. capitata</i>	44,86	5.639,59	112,38	19.007,10	104,33	10.885,79
23/07/2014	LA	<i>A. fraterculus</i>	63,73	6.070,34	89,31	13.747,84	105,45	14.071,51
		<i>C. capitata</i>	83,86	9.786,40	77,5	9.019,23	51,43	3.999,10
		<i>A. fraterculus</i>	40,32	2.459,64	77,9	9.398,92	137,96	20.347,16
20/08/2014	LA	<i>C. capitata</i>	64,12	7.114,41	96,2	14.912,34	81,74	8.524,30
		<i>A. fraterculus</i>	17,48	305,72	0	0	0	0
29/10/2014	LC	<i>C. capitata</i>	37,69	4.067,86	105,21	16.851,54	0	0
		<i>A. fraterculus</i>	57,73	4.090,96	20,23	534,56	125,45	16.634,64
14/01/2015	LA	<i>C. capitata</i>	94,08	12.482,58	72,40	6.807,86	0	0
		<i>A. fraterculus</i>	34,62	1.248,07	142,07	25.009,01	0	0
24/03/2015	LC	<i>C. capitata</i>	93,86	12.635,49	102,12	14.995,11	173,19	34.067,17
		<i>A. fraterculus</i>	102,67	14.195,95	124,14	20.145,75	104,33	10.885,79
28/04/2015	LA	<i>C. capitata</i>	98,95	12.131,65	113,09	15.663,85	104,30	13.477,54

O teste de contraste entre as direções de dispersão de *D. longicaudata* após a liberação permitiu observar a formação de grupos semelhantes (Tabela 9). A direção leste foi a única que não se assemelhou a nenhuma outra, em qualquer uma das combinações de linhagem e hospedeiro. Entretanto, quando liberada a LA e recapturada no hospedeiro *C. capitata*, não houve semelhança alguma entre as direções.

Tabela 9 - Tabela de contrastes para as direções de dispersão de duas linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* (LA= Linhagem *Anastrepha*, LC= Linhagem *Ceratitis*) após a liberação em pomar de goiaba e parasitismo nos hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*.

AIC	Linhagem	Hospedeiro	Direção							
			N	S	L	O	NO	NE	SO	SE
2341.4	LA	<i>A. fraterculus</i>	a	b	c	a	b	b	a	b
8987.7	LA	<i>C. capitata</i>	a	b	c	d	e	f	g	h
434.19	LC	<i>A. fraterculus</i>	a	b	c	a	a	e	d	a
5967.7	LC	<i>C. capitata</i>	a	a	b	a	a	a	a	a

Modelos escolhidos pelo menor valor de AIC. Letras iguais nas linhas representam direções semelhantes entre si ( $p < 0,05$ ).

A análise circular agrupou as direções em graus com valores equidistantes de acordo com a frequência de parasitismo observada nas diferentes direções, restando apenas seis direções de dispersão (Figura 8). A frequência de parasitismo observada nas diferentes direções de dispersão dos parasitoides LA e LC foi muito semelhante, principalmente para o hospedeiro *C. capitata*. Observa-se uma tendência de direcionamento de dispersão para o leste em todas as situações (Figura 8).

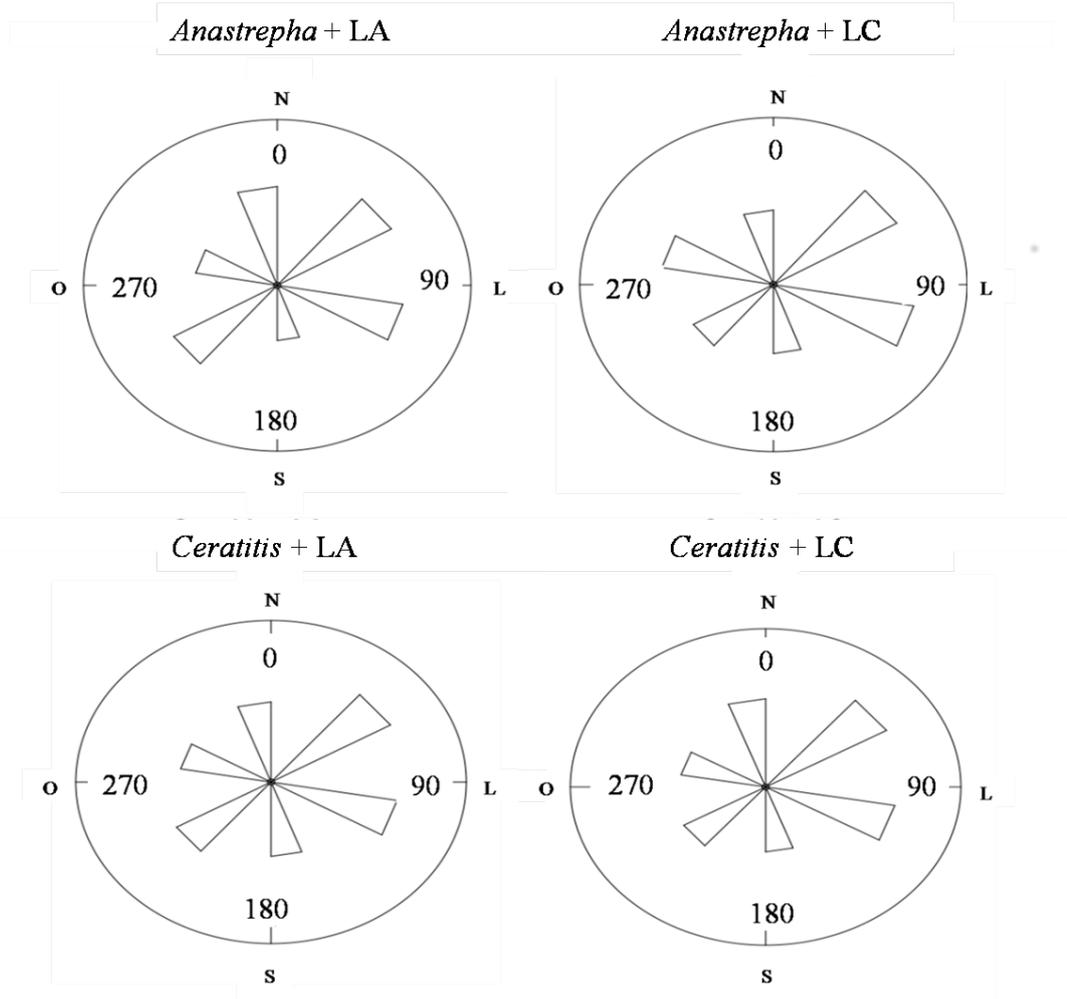


Figura 8 - “Rose diagram” para a direção de dispersão de duas Linhagens do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* parasitando larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* após liberação em pomar de goiaba. Jaíba, MG. LA= Linhagem *Anastrepha*, LC= Linhagem *Ceratitis*

#### 4.5 Influência dos fatores climáticos no parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* após a liberação em pomar de goiaba

As variáveis climáticas foram testadas com a distribuição quasibinomial, para a porcentagem de parasitismo e para a mortalidade das larvas hospedeiras (Apêndice A). Nenhuma variável climática analisada influenciou o parasitismo ou a mortalidade das larvas ( $p > 0,5$ ).

## 5 DISCUSSÃO

Os parasitoides recuperados em “unidades de parasitismo” no pomar de goiaba pertenciam todos à espécie liberada *Diachasmimorpha longicaudata*, ou seja, nenhum parasitoide nativo foi recuperado das “unidades de parasitismo”. O parasitismo natural de moscas-das-frutas no norte de Minas Gerais é considerado baixo (ALVARENGA et al., 2005).

Em pomares comerciais de goiaba e de outras fruteiras nesta região Alvarenga et al. (2009) observaram taxas de parasitismo de 7,79% na área rural e apenas 2,07% em área urbana. Em cafeeiros irrigados, também no norte de Minas, Camargos et al. (2015) verificaram o parasitismo natural de moscas-das-frutas muito baixo, quase nulo. Dos 10.162 frutos de café coletados, foi obtido somente um espécime parasitoide, pertencente à espécie *Doryctobracon areolatus*.

O parasitismo natural em regiões de semiárido é baixo, provavelmente devido às condições adversas do clima semiárido (ARAÚJO; ZUCCHI, 2002; CARVALHO, 2004). Contudo, a baixa taxa de parasitismo natural pode ser uma vantagem do ponto de vista do manejo, pois, pode-se considerar a possibilidade de ações de controle biológico inundativo (ALVARENGA et al., 2005).

### 5.1 Fatores climáticos

Neste estudo não foi observada diferença significativa entre os índices de parasitismo, a mortalidade das larvas hospedeiras e as variáveis climáticas: precipitação, temperatura e umidade relativa. As variações comportamentais dos parasitoides no campo estão relacionadas com fatores bióticos e abióticos, que de forma direta ou indireta, influenciam na eficiência do parasitismo. O hospedeiro, a adaptabilidade e a capacidade intrínseca da linhagem sob as condições de cada agroambiente são alguns fatores bióticos que proporcionam alterações comportamentais em parasitoides. Já os fatores abióticos que podem ser descritos são as condições climáticas, as características dos cultivos e o impacto ambiental dos agrotóxicos (PRATISSOLI et al., 2002). Contudo, os fatores abióticos precipitação, temperatura e umidade relativa não influenciaram o comportamento de *D. longicaudata* após ser liberado em pomar de goiaba.

A espécie de fruto infestada pelas moscas-das-frutas é um dos fatores que mais afetam o nível de parasitismo, já que os parasitoides são guiados para os sítios de parasitismo por meio de substâncias voláteis liberadas pelos frutos (LEYVA et al., 1991; MESSING; JANG, 1992). No entanto, para avaliar o parasitismo neste estudo foram usadas “unidades de parasitismo” contendo larvas das moscas e dieta artificial, e, neste caso, os voláteis atrativos ao parasitoide podem ter sido outros, provavelmente produzidos pelas larvas hospedeiras, conforme Stuhl et al. (2011).

Sivinski et al. (1998) verificaram que as temperaturas máximas foi o fator climático que melhor se correlacionou com as variações na abundância relativa de *D. longicaudata* e *D. areolatus* na Flórida. Estes autores acreditam que as temperaturas mais altas favorecem *D. longicaudata* ou que *D. areolatus* tolera temperaturas mais baixas. As estações quentes e chuvosas do ano são mais favoráveis ao crescimento populacional de parasitoides do que as estações frias e secas (AGUIAR-MENEZES, 2000). Durante o período de estudo não houve grandes mudanças climáticas na região estudada (Apêndice A), que possui temperaturas médias mais altas e umidade relativa baixa. Contudo, por se tratar de área irrigada, o manejo proporcionou um microclima com umidade relativa mais elevada. Neste sentido, as variações no parasitismo podem estar relacionadas às espécies de moscas hospedeiras e às linhagens do parasitoide liberadas.

## 5.2 Mortalidade

A grande diferença entre o número de parasitoides recuperados nos dois hospedeiros está associada à baixa emergência em *Anastrepha fraterculus* (Tabelas 3 e 4, Figura 4). A intensidade de parasitismo é um dos fatores que pode afetar a emergência de *D. longicaudata* nos hospedeiros e ocasionar mortalidade das larvas. Neste estudo, as larvas hospedeiras ficaram expostas ao parasitoide por um período de 24h facilitando o superparasitismo que é comum nesta espécie parasitoide (ALTAFINI et al., 2013; GONZALEZ et al., 2007; MEIRELLES et al., 2013; MONTOYA et al., 2012). Embora o número de cicatrizes de oviposição não tenha sido registrado, o tempo em que os parasitoides das linhagens LA e LC levaram para parasitar até 90% das larvas de *A. fraterculus* no percurso de dispersão foi bem menor que em *C. capitata*, indicando que pode ter ocorrido superparasitismo nas larvas maiores (Tabela 7, Figura 6). Da mesma forma, nos pontos mais próximos do ponto de liberação o parasitoide já havia parasitado 90% das larvas de *A. fraterculus* disponibilizadas nas “unidades de parasitismo”, levando a alta mortalidade

destas larvas. No caso de *C. capitata* o parasitoide percorreu o dobro da distância para parasitar 90% das larvas nas “unidades de parasitismo” do percurso (Tabela 7, Figura 5). Estudos anteriores realizados por Cancino et al. (2002), Messing et al. (1993) e Lopez et al. (2009) constataram que as fêmeas de *D. longicaudata* preferem larvas hospedeiras maiores no momento do parasitismo como as larvas de *A. fraterculus* quando comparadas a *C. capitata*. Ovruski et al. (2011) também verificaram que quando as fêmeas do parasitoide, independente da linhagem, podem escolher o hospedeiro, elas optam pelo maior. Maiores porcentagens de parasitismo foram registradas por estes autores em larvas de *A. fraterculus* do que em larvas de *C. capitata*.

A emergência deste parasitoide em criação massal tem estreita relação, inversamente proporcional, com a intensidade do superparasitismo, ou seja, quanto mais superparasitada a larva for (> 6 cicatrizes/ pupário), menor a probabilidade de emergência do parasitoide (GONZÁLEZ et al., 2007). É possível que a mortalidade alta em hospedeiros superparasitados seja reflexo de múltiplos ataques das larvas em desenvolvimento, pela disputa por alimento, podendo esta batalha ocasionar ferimentos fatais nos hospedeiros (SILVA, 2011). Outra hipótese é a infecção nas larvas hospedeiras, pelas fêmeas do parasitoide no momento do parasitismo, de um vírus, o rhabdovirus. Este vírus se replica nas células da epiderme do hospedeiro e se acumulam nas vesículas dessas células (LAWRENCE; MATOS, 2005). No caso de superparasitismo, a quantidade de partículas virais nas células da epiderme é tanta que impede a mobilidade das vesículas no interior da célula e pode inibir a apólise larva-pupa do hospedeiro (LAWRENCE, 1988).

Não houve diferença significativa na mortalidade das larvas entre as linhagens liberadas de *D. longicaudata* (Tabela 4). No entanto, a linhagem LA provocou uma maior mortalidade para as larvas de *A. fraterculus* quando teve opção de escolha hospedeira (Figura 4). Situação semelhante foi observada por Sá (2015), quando o parasitoide teve livre escolha pelo hospedeiro (*A. fraterculus* e *C. capitata*) a mortalidade das larvas parasitadas por LA foi superior à observada nas larvas que não sofreram parasitismo. A maior mortalidade observada nas larvas quando foram liberadas as fêmeas da linhagem LA pode ser devido ao comportamento das fêmeas dessa linhagem, que por serem maiores podem ser mais agressivas na busca pelo hospedeiro, principalmente se o hospedeiro é da mesma espécie de origem da linhagem do parasitoide.

Meirelles et al. (2013) estudaram os parâmetros de biologia de *D. longicaudata* criado em *A. fraterculus* e em *C. capitata* e registraram diariamente o número de ovos depositados nas larvas de seus hospedeiros de origem. Os autores verificaram casos de superparasitismo

maior pela linhagem LA em larvas de *A. fraterculus* ( $1,6 \pm 0,22$ ) do que LC em *C. capitata* ( $0,4 \pm 0,07$ ). Altafini et al. (2013) observaram que o número médio de cicatrizes de oviposição foi maior em pupários de *A. fraterculus* que em *C. capitata*. Possivelmente devido ao superparasitismo, o parasitoide *D. longicaudata*, linhagem *Anastrepha*, parece infligir alta mortalidade em seu hospedeiro de criação. Fato semelhante foi relatado por Duan e Messing (2000), quando *Diachasmimorpha kraussi* (Fullaway) provocou alta mortalidade em seu hospedeiro de criação *Bactrocera latifrons* (Hendel) (Diptera: Tephritidae).

### 5.3 Porcentagem de parasitismo

A porcentagem de parasitismo não diferiu entre os ensaios com opção de escolha e sem escolha pelo hospedeiro ( $p > 0,05$ ) para as duas linhagens liberadas. As observações comportamentais podem ser usadas para fornecer evidência de preferência hospedeira para parasitoides solitários (MANSFIELD; MILLS, 2004). Por exemplo, o odor de frutos infestados (MESSING; JANG, 1992) ou os voláteis produzidos pelas larvas das moscas-das-frutas (STUHL et al., 2011) podem atrair os parasitoides até seus hospedeiros. Todavia, após a liberação dos parasitoides no centro do pomar de goiaba, o número de visitas das fêmeas de *D. longicaudata* e as provas de oviposição nas “unidades de parasitismo” não foram registrados por questões logísticas.

Segundo a hipótese da preferência de oviposição de Singer (1986) e Renwick (1989), a escolha do sítio de oviposição é fundamental para a sobrevivência e sucesso dos descendentes da espécie, onde vários aspectos podem ser avaliados pela fêmea, tais como cor, odor, gosto e presença de outros ovos. Possivelmente, essa preferência também pode estar relacionada ao fato do parasitoide ter ou não a chance de escolha do sítio de oviposição. Entretanto, como se observou no presente estudo, onde foram feitas liberações de parasitoides tanto com chance de escolha pelo hospedeiro, como sem chance de escolha, o comportamento dos parasitoides na busca pelos seus hospedeiros não variou entre ter ou não a opção de escolha (Tabela 5).

Em testes com *D. longicaudata* em laboratório, Ovruski et al. (2011) estudaram a opção de escolha hospedeira, utilizando-se larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus*. Estes autores concluíram que as fêmeas do parasitoide não têm uma preferência significativa pelas larvas de nenhuma das espécies quando tiveram livre escolha. No entanto, no ensaio sem livre escolha, quando foi oferecido somente um hospedeiro, as fêmeas mostraram uma significativa preferência por parasitar larvas de *A. fraterculus*, quando este foi o mesmo hospedeiro na qual o parasitoide foi criado. Os resultados apresentados por outros autores também indicam que o

parasitoide *D. longicaudata*, quando não é dada a chance de escolha, parasita preferencialmente o hospedeiro no qual foi criado e, quando pode escolher, prefere o hospedeiro de maior tamanho (MESSING et al., 1993; CANCINO et al., 2002; LOPEZ et al., 2009, SÁ, 2015). Na Costa Rica *D. longicaudata* também foi encontrado parasitando em maior proporção espécies do gênero *Anastrepha* (JIRÓN; MEXZON, 1989). Entretanto, Silva et al. (2007) chegaram a conclusão de que as fêmeas de *D. longicaudata* não discriminam entre os voláteis produzidos por larvas de *C. capitata* ou *A. fraterculus* quando as larvas foram expostas em goiabas infestadas, demonstrando que as fêmeas de *D. longicaudata* respondem aos voláteis das frutas, especialmente de frutas podres. Da mesma forma, os resultados do presente trabalho sugerem que as fêmeas de *D. longicaudata* não têm preferência por um ou outro destes hospedeiros quando liberadas em pomar de goiaba (Tabela 5).

As maiores porcentagens de parasitismo realizadas pelas fêmeas das linhagens LA e LC foram observadas em larvas que estavam mais próximas ao ponto de liberação dos parasitoides, e diminuíram com o aumento da distância deste local. A diminuição da taxa de parasitismo com o aumento da distância do ponto de liberação é observada em estudos de dispersão, porque, com a distância a área de busca para o hospedeiro também aumenta e a mortalidade natural ocorre durante o curso da dispersão (GEREMIAS; PARRA, 2014). No entanto, as linhagens LA e LC do parasitoide foram capazes de parasitar as larvas de *A. fraterculus* e de *C. capitata* até o último raio de dispersão, a uma distância média de 220 metros do ponto de liberação (Figura 5, Tabela 5).

Na mesma região do Norte de Minas Gerais, em área de café, *D. longicaudata* parasitou larvas de *C. capitata* em frutos a uma distância média de até 49,78 m de distância do ponto em que foi liberado (CAMARGOS, 2010). Ainda em área de café, no semiárido de Minas Gerais, Coutinho (2012) liberou *D. longicaudata* e verificou o parasitismo de larvas de *C. capitata* a uma distância média de 60,68 m após cinco dias da liberação. Em um pomar comercial de goiaba no Rio de Janeiro, este parasitoide alcançou larvas a distâncias de apenas 20 m (LEAL et al., 2008). Diferentes níveis de parasitismo podem ser obtidos no mesmo hospedeiro em diversas culturas (ABLES et al., 1980; ANDOW; PROKRYM, 1991), mas também na mesma cultura. *D. longicaudata* atingiu diferentes distâncias de parasitismo na mesma cultura, neste caso, em pomares comerciais de goiaba (CAMARGOS, 2010; LEAL et al., 2008). No entanto, diversos fatores devem ser levados em consideração quando os parasitoides são liberados em campo. As variações comportamentais destes insetos estão relacionadas a fatores bióticos e abióticos, além da interação entre eles, e, de forma direta ou

indireta, influenciam na eficiência do parasitismo (NASCIMENTO, 2011). No trabalho realizado por Leal et al. (2008) foram liberados apenas 1.500 adultos, com maior número de machos (600 fêmeas e 900 machos) e os parasitoides foram recuperados em goiabas maduras infestadas com *C. capitata*. Neste estudo foi liberado um número maior de parasitoides, cerca de 3.000, com maior número de fêmeas (3 fêmeas : 1 macho) em cada liberação e os parasitoides *D. longicaudata* foram recuperados em “unidades de parasitismo” contendo larvas de *C. capitata* ou de *A. fraterculus*.

Apesar dos testes com livre escolha e sem livre escolha hospedeira terem tido o mesmo resultado, quando comparados os hospedeiros, *C. capitata* foi o hospedeiro mais parasitado (Figura 5, Tabela 5). Contudo, devido a alta mortalidade ocorrida no hospedeiro *A. fraterculus* (Tabelas 3 e 4, Figura 4), o parasitismo neste hospedeiro pode estar subestimado. Quanto às linhagens de *D. longicaudata* liberadas, a linhagem LA proporcionou os mais altos índices de parasitismo e manteve as mais altas taxas de parasitismo em *C. capitata* nos pontos mais distantes quando comparado ao hospedeiro *A. fraterculus* (Figura 5, Tabela 5). Segundo Wong e Ramandan (1992) a qualidade dos indivíduos liberados desempenha um papel fundamental no sucesso de um programa de controle biológico. O desempenho do parasitoide está relacionado principalmente à qualidade do hospedeiro (BAI et al., 1992; SCHMIDT, 1994).

Tanto *C. capitata* quanto *A. fraterculus* tem se mostrado hospedeiros adequados na criação de *D. longicaudata* (OVRUSKI et al., 2003; 2007). Entretanto, o hospedeiro *A. fraterculus* tem sido relatado como o melhor hospedeiro. Ovruski et al. (2011) relataram que o rendimento de fêmeas na progênie do parasitoide pode ser altamente melhorado usando larvas de *A. fraterculus* como hospedeiro em vez de larvas de *C. capitata*. Nos testes realizados por Meirelles et al. (2013), parasitoides que se desenvolveram em *A. fraterculus* tiveram maior taxa líquida de reprodução e produziram indivíduos maiores. Hospedeiros maiores apresentam maior qualidade devido à abundância de recursos a serem explorados pelos parasitoides, originando parasitoides maiores, com maior potencial reprodutivo e mais competitivos (CHAU; MACKAUER, 2001; SEQUEIRA; MACKAUER, 1992). Parasitoides produzidos em larvas de *A. fraterculus* são significativamente maiores e com maior número de insetos capazes de voar (~90%) que os produzidos em *C. capitata* (MORELLI-DE-ANDRADE, 2013). Provavelmente por isso é que os parasitoides LA atingiram maiores distâncias com maiores taxas de parasitismo que LC neste trabalho.

As linhagens LA e LC liberadas mantiveram-se ativas até sete dias (168 h) após a liberação, com alguns espécimes recuperados após 15 dias da liberação do parasitoide.

A maior parte dos parasitoides recuperados após 15 dias pertencia a linhagem LA. Além disso, a linhagem LA proporcionou as maiores taxas de parasitismo nas primeiras horas após a liberação do parasitoide e se manteve por mais tempo parasitando os hospedeiros *A. fraterculus* e *C. capitata* (Tabela 5, Figura 6). Estes resultados demonstraram que a linhagem LA foi mais rápida em localizar e parasitar seus hospedeiros e se manteve ativa por mais tempo no campo. Morelli-de-Andrade (2013) observou em laboratório que machos e fêmeas do parasitoide *D. longicaudata* produzidos em *A. fraterculus* sobreviveram por mais tempo que aqueles produzidos em *C. capitata*.

Mesmo apresentando uma baixa porcentagem de parasitismo, algumas fêmeas sobreviveram e produziram descendentes a partir do parasitismo das larvas nas “unidades de parasitismo” até 15 dias após a liberação. Dessa forma, é possível afirmar que *D. longicaudata* após ser liberado em campo foi capaz de sobreviver e executar o parasitismo sobre as larvas de moscas-das-frutas durante o período de 15 dias nas condições de semiárido. Em liberações de *D. longicaudata* (linhagem LC) realizadas em área de café na região semiárida do norte de Minas Gerais, Camargos (2010) e Coutinho (2012) avaliaram o parasitismo e a sobrevivência do parasitoide por até cinco dias e recuperaram parasitoide por todo o período. Constatou-se, portanto, que *D. longicaudata*, é um agente promissor no controle biológico de moscas-das-frutas em regiões semiáridas.

#### 5.4 Distância atingida e tempo decorrido para o parasitismo de 50% e 90% das larvas hospedeiras disponibilizadas às linhagens de *D. longicaudata*

A linhagem *Anastrepha* percorreu as maiores distâncias parasitando até 50% e 90% das larvas em “unidades de parasitismo” no percurso de dispersão após ser liberada no pomar. Na busca pelo hospedeiro *C. capitata* os parasitoides das linhagens LA e LC percorreram distâncias similares, parasitando tanto 50% quanto 90% das larvas nas “unidades de parasitismo”. Na busca pelo hospedeiro *A. fraterculus*, a linhagem LC percorreu uma distância menor do que a linhagem LA, cerca de 4 metros de distância, enquanto a LA percorreu uma distância maior, cerca de 22 metros, quando avaliado o parasitismo de até 90% das larvas de *A. fraterculus* nas “unidades de parasitismo” (Tabela 7). No hospedeiro *A. fraterculus* o parasitismo pelas linhagens LA e LC foi mais intenso mais próximo ao ponto de liberação, o que provavelmente favoreceu o superparasitismo e ocasionou alta mortalidade das larvas deste hospedeiro.

As variações no parasitismo nas diferentes distâncias do ponto de liberação na cultura da goiaba podem ter ocorrido devido às características biológicas do parasitoide, como a capacidade de vôo, por exemplo. A linhagem LA foi capaz de voar distâncias maiores e parasitar até 90% das larvas disponíveis no percurso. Segundo Meirelles et al. (2013) e Ovruski et al. (2011) a criação de *D. longicaudata* em *A. fraterculus* resulta em insetos maiores e com melhor habilidade de vôo e longevidade sob estresse quando comparado com o parasitoide criado em *C. capitata* (MORELLI-DE-ANDRADE, 2013; SANCHES et al., 2011). Dessa forma, a liberação de parasitoides criados em *A. fraterculus* proporcionou uma maior capacidade de dispersão com um parasitismo efetivo, o que pode resultar em um menor número de pontos de liberação por unidade de área em um programa de controle biológico.

O tempo gasto para que as linhagens LA e LC parasitassem 50% e 90% das larvas hospedeiras em “unidades de parasitismo” disponíveis no percurso de dispersão foi menor quando os insetos parasitaram larvas de *A. fraterculus*. Em apenas uma hora as fêmeas LC já haviam conseguido parasitar 90% das larvas deste hospedeiro a uma distância de 4,8 m. A partir desse período e à medida que se distanciou do ponto de liberação, o número de larvas parasitadas foi reduzido. Provavelmente a maioria das fêmeas LC liberadas ficou mais próxima ao ponto de liberação e poucas fêmeas avançaram, resultando desta forma em menor porcentagem de parasitismo nos pontos mais distantes. Da mesma forma as fêmeas LA levaram apenas 17 h para parasitar 90% das larvas de *A. fraterculus* na área percorrida enquanto que em larvas de *C. capitata* levaram cerca de 64 h (Tabela 7). Este fato pode ter levado ao superparasitismo e a alta mortalidade das larvas de *A. fraterculus* que estavam mais próximas do ponto de liberação (Figura 4). Como foram oferecidas larvas em abundância, os parasitoides não precisaram voar grandes distâncias para encontrar hospedeiros, já que em ambientes onde há disponibilidade de hospedeiros a movimentação dos insetos é menos intensa do que em habitats onde a oferta de hospedeiros é escassa ou nula (SILVA, 2007). Além disso, devido à pequena possibilidade de encontro entre o hospedeiro e o parasitoide durante a procura por hospedeiro e ao curto tempo de vida do parasitoide, este tende a ovipositar próximo ao local em que foi liberado.

### 5.5 Razão sexual de *Diachasmimorpha longicaudata* em dois hospedeiros após liberação em pomar de goiaba

O tamanho e a qualidade do hospedeiro podem afetar a proporção sexual de *D. longicaudata*, já que mais fêmeas são produzidas em hospedeiros maiores (EBEN et al., 2000; GODFRAY, 1994; OLIVEIRA et al., 2014; OVRUSKI et al., 2011). Como esperado, a maior razão sexual foi obtida no hospedeiro *A. fraterculus* (AIC=3098,8; F=5.8811; p<0,05; Figura 7), independente da linhagem liberada. Contudo, a razão sexual foi baixa e tendenciosa para machos (0,34). Em ensaio semelhante em laboratório, Sá (2015) notou que quando as fêmeas tiveram escolha preferiram colocar ovos que originaram machos em *C. capitata* independente da linhagem avaliada, e os ovos que originaram fêmeas no hospedeiro maior, *A. fraterculus*. No ensaio sem livre escolha, houve maior emergência de fêmeas que de machos em todas as situações, exceto quando o hospedeiro foi *C. capitata* parasitado por fêmeas da linhagem LA, onde das larvas parasitadas emergiram mais machos que fêmeas.

Um dos fatores que pode explicar esta tendência na razão sexual para machos é o estresse que as fêmeas foram submetidas quando liberadas no campo. As fêmeas liberadas foram criadas em ambiente controlado no laboratório onde não precisavam voar e usar estratégias de busca por hospedeiros. No campo a presença de voláteis e condições adversas do ambiente pode ter gerado estresse e alteração no comportamento de oviposição das fêmeas de *D. longicaudata*. De acordo com Pratisioli et al. (2002) além do hospedeiro, a adaptabilidade da espécie do parasitoide e a capacidade intrínseca da linhagem sob as condições de cada agroambiente são alguns fatores que proporcionam alterações comportamentais em parasitoides. Vespas parasitoides alteram facultativamente a razão sexual da sua progênie, em resposta às mudanças no ambiente (GODFRAY, 1994). Quando apenas uma fêmea do parasitoide coloniza um hospedeiro ou uma única porção de hospedeiros, existe a tendência de que a mesma produza apenas machos suficientes para fertilizar as fêmeas que depositou naquele(s) hospedeiro(s). No entanto, quando várias fêmeas colonizam um único hospedeiro ou uma única porção de hospedeiros, cada fêmea precisa produzir o número suficiente de machos para competir com os descendentes machos produzidos pelas outras fêmeas (VAN ALPHEN; JERVIS, 1996).

*Diachasmimorpha longicaudata* é um endoparasitoide solitário, mas foi possível observar várias fêmeas atacando a mesma “unidade de parasitismo” logo após a liberação. Diante da presença de outras fêmeas na mesma “unidade de parasitismo” estas poderiam exibir mudanças na alocação sexual, e como resposta produzirem mais descendentes machos.

A teoria da competição local pela cópula (LMC) estabelecida por Hamilton (1967) relata que quando as fêmeas de parasitoides estão isoladas, ovipositam maior quantidade de ovos que darão origem a fêmeas e quando estão na presença de coespecíficos há maior produção de machos. Alvarenga et al. (2015) avaliaram as respostas dos parasitoides *Utetes anastrephae* e *D. longicaudata* quanto as diferenças para a LMC, usando fêmeas isoladas e fêmeas emparelhadas com o competidor coespecífico. Esses autores notaram que os machos foram mais abundantes entre as fêmeas pareadas em ambas as espécies. Entretanto, quando os hospedeiros foram superparasitados produziram relativamente mais descendentes fêmeas.

Para insetos parasitoides o número de fêmeas produzidas é um indicador de sua capacidade como agente de controle biológico (LOPEZ et al., 2009). A proporção sexual de uma população evolutivamente estável é igual a 0,5 (FISHER, 1930). Um maior número de machos emerge pelos valores de razão sexual obtido abaixo de 0,5 e a razão sexual superior a 0,5 promove maior número de fêmeas. Em laboratório, a razão sexual de *D. longicaudata* verificada foi de 0,56 em larvas de *C. capitata* (VISCARRET et al., 2006), e em larvas de *A. fraterculus* irradiadas e não irradiadas 0,67 e 0,69, respectivamente (MORELLI-DE-ANDRADE, 2013). No estudo realizado por Meirelles et al. (2013), ao comparar a biologia de *D. longicaudata* a razão sexual em *A. fraterculus* (0,59) foi semelhante a de *C. capitata* (0,55). Neste estudo, devido a alta mortalidade das larvas de *A. fraterculus*, provavelmente pelo superparasitismo, a razão sexual pode estar sendo subestimada neste hospedeiro, uma vez que a partir de larvas de maior tamanho poderiam emergir maior número de fêmeas.

O tamanho do hospedeiro influencia a fêmea de *D. longicaudata* no momento do parasitismo, a ponto de esta selecionar o hospedeiro de forma a contornar a falta de recursos para a progênie, depositando seus ovos fecundados em hospedeiros maiores para, assim, produzir fêmeas mais vigorosas nesses hospedeiros (GODFRAY, 1994). Eben et al. (2000) observaram que *D. longicaudata* criados a partir de uma espécie maior, *Anastrepha ludens* (Loew) em manga (*Mangifera indica* L.), tiveram uma maior proporção de descendentes do sexo feminino do que os parasitoides que haviam desenvolvido em uma espécie menor, *A. obliqua* (Macquart) infestando o mesmo fruto. Essa escolha deve ser comandada por algum estímulo proveniente das larvas hospedeiras, quando se encontram maiores e nutricionalmente adequadas. No entanto, alguns autores não concordam que o tamanho do hospedeiro influencia diretamente na proporção do sexo de *D. longicaudata*, mas sim que a proporção de machos e fêmeas é influenciada pela intensidade de parasitismo (MONTROYA et al., 2011, 2012). No trabalho realizado por Sá (2015), a intensidade de parasitismo foi registrada pelas cicatrizes de oviposição. O autor verificou que quando os parasitoides das linhagens LA e LC

tiveram livre chance de escolha pelo hospedeiro, independente da linhagem do parasitoide, o hospedeiro *A. fraterculus* foi preferido para postura de fêmeas. Quando não tiveram chance de escolha, independente da linhagem do parasitoide (LC ou LA), as larvas de *C. capitata* foram menos parasitadas o que resultou em maior emergência de machos. Provavelmente isso possa ter ocorrido no presente trabalho, porém, como a intensidade de parasitismo é avaliada pelo número de cicatrizes deixadas pelas fêmeas no momento do parasitismo, não é possível afirmar esta hipótese, já que o número de cicatrizes nas larvas parasitadas não foi registrado neste estudo.

De acordo com Peruquette e Del Lama (2003), em alguns himenópteros a razão sexual pode apresentar desvios de proporção, podendo estes ser atribuídos a fatores ecológicos, fisiológicos e comportamentais. Entre estes fatores, a temperatura afeta o desenvolvimento durante o ciclo de vida, na viabilidade dos ovos e na razão sexual dos insetos (SILVA, 2007).

#### 5.6 Dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata* liberado em pomar de goiaba

Por meio da equação de Dobzhanski e Wright (1943), foi possível prever o máximo de distância de dispersão de 173 m e uma área de dispersão de 34.067,17 m<sup>2</sup> quando liberada a linhagem LC e de 138 m e 27.368,24 m<sup>2</sup> de distância e área de dispersão, respectivamente, quando liberada a linhagem LA, após sete dias da liberação na cultura da goiaba na região semiárida de Minas Gerais. Em cafezal na mesma região, verificou-se por meio de “unidades de parasitismo” que *D. longicaudata*, linhagem *Ceratitidis*, parasitou larvas de *C. capitata* que estavam a 76,12 m, atingindo uma área e dispersão de até 6.368,57 m<sup>2</sup>, após 24 h da liberação (CAMARGOS, 2010). Esta diferença pode ser devido ao maior período de avaliação, ao maior tamanho da área estudada, ao manejo da cultura e também a certas características da planta hospedeira, por exemplo, a arquitetura e volatilidade de compostos aromáticos, que são atrativos ao parasitoide.

Os parasitoides evoluíram para responder aos aleloquímicos liberados pelas plantas como fonte previsível de informações para localização do habitat e seleção hospedeira (VINSON, 1976; EDWARDS; WRATTEN, 1981). Apesar de não terem sido medidos voáveis neste estudo, as fêmeas de *D. longicaudata* usam sinais químicos produzidos tanto pelo habitat quanto pelas larvas hospedeiras durante a busca pelo habitat do hospedeiro (SEGURA e al., 2012) e possuem grande capacidade exploratória em pomares de goiaba com o hábito de forragear frutos já caídos ao solo e podres (em fermentação) (GREANY et al., 1977;

LEYVA et al., 1991; MESSING; JANG, 1992; PURCELL et al., 1994). No trabalho realizado por Alvarenga et al.(2005) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais esse parasitoide apresentou ótima adaptação nesta região, que apresenta clima semiárido.

Outros fatores como a arquitetura e altura da planta, o espaçamento de plantio e as mudanças fenológicas, proporcionam alterações na massa foliar da cultura, no tamanho da planta e na complexidade de sua arquitetura, o que afeta a dispersão e a eficiência de parasitismo (PINTO; PARRA, 2002). Dessa forma, diferentes níveis de parasitismo podem ser obtidos no mesmo hospedeiro em diversas culturas; e, em alguns casos, parasitoides são mais específicos em relação ao habitat do que aos hospedeiros (ABLES et al., 1980; ANDOW; PROKRYM, 1991). Provavelmente em pomar de goiaba *D. longicaudata* deve se dispersar mais que em cafeeiro, como observado por Camargos (2010), devido a fatores como a arquitetura da planta, mas principalmente devido a voláteis que são liberados pela cultura (GREANY et al., 1977; GODFRAY, 1994; SEGURA et al., 2012).

As maiores distâncias e áreas de dispersão foram alcançadas pelas fêmeas LC quando parasitaram larvas de *C. capitata* (Tabela 8). No entanto, as fêmeas da linhagem LA foram as que se dispersaram mais rapidamente, atingindo larvas de *A. fraterculus* a uma distância média de 114 m e uma área de dispersão de 17.343,68 m<sup>2</sup>, 24h após a liberação. A dispersão rápida dos parasitoides pode aumentar a probabilidade de localização das larvas em frutos infestados. No entanto, a sobrevivência e a persistência de parasitoides em uma área dependem de inúmeros fatores, além de simplesmente da presença do hospedeiro. As fêmeas LA permaneceram por mais tempo no pomar, realizando os mais altos índices de parasitismo em *C. capitata* nos pontos mais distantes quando comparado ao hospedeiro *A. fraterculus* (Figura 5, Tabela 5). Fêmeas da linhagem LA por serem maiores podem ter o comportamento mais agressivo na busca pelo hospedeiro. Larvas maiores e nutricionalmente mais adequadas aumentam o período de sobrevivência das fêmeas obtidas provavelmente devido às condições nutricionais desses insetos (LOPEZ et al., 2009).

Provavelmente as fêmeas da linhagem LA, que foram criadas em hospedeiros maiores, tiveram mais reservas, o que ajudou manter as fêmeas vivas por mais tempo no pomar de goiaba. Características do hospedeiro induzem modificações no potencial de “busca”, o que pode levar ao insucesso de um programa de controle biológico, caso linhagens inadequadas sejam utilizadas (CÔNSOLI; PARRA, 1996; VAN LENTEREN, 1993). Segundo López et al. (2009), as fêmeas de *D. longicaudata* obtidas em larvas maiores de *A. fraterculus* viveram mais na ausência de alimento, talvez pelo fato de esses indivíduos possuírem mais reservas de energia do que aqueles provenientes de hospedeiros de menor porte.

O mesmo foi constatado por Oliveira et al., (2014) em parasitoides criados em diferentes tamanhos de larvas de *C. capitata*.

No presente estudo os resultados mostraram que *D. longicaudata* conseguiu se dispersar em pomar de goiaba e sobreviver por até 15 dias na região semiárida. Além disso, os parasitoides das linhagens LA e LC conseguiram se dispersar em todas as direções monitoradas (Figura 8, Tabela 9). Das oito direções, a direção leste foi a única que não se assemelhou a nenhuma outra, em qualquer uma das combinações de linhagem e hospedeiro (Tabela 9). Analisando o “rose diagram” pode-se confirmar uma tendência de direcionamento para o leste.

Coutinho (2012) realizou liberações de *D. longicaudata* em área de café no norte de Minas Gerais e verificou que as fêmeas se dispersaram em todas as direções após liberadas, e houve uma preferência pelo parasitismo nas “unidades de parasitismo” dispostas na direção sul. Pastori et al. (2008) avaliaram a capacidade de dispersão de *T. pretiosum* em pomar comercial de macieira para verificar a uniformidade de distribuição do parasitoide na cultura visando o controle da lagarta-enroladeira, *Bonagotasa lubricola* (Meyrick). Analisando as direções norte, sul, leste e oeste, os autores observaram que houve uniformidade na distribuição dos parasitoides após a liberação no pomar, não ocorrendo preferência por uma ou outra direção.

A dispersão do parasitoide *D. longicaudata* no pomar de goiaba para a direção leste pode estar relacionada às características da cultura, neste caso à distribuição das linhas de plantio que facilitam o movimento do parasitoide, pois a direção leste se encontra na mesma linha de liberação dos parasitoides a partir do centro da área (Figura 3). Para Lopes (1988) e Sá et al. (1993) a direção de dispersão se deve, provavelmente, às características da espécie/linhagem da cultura na qual as liberações são realizadas, pois estas podem, por exemplo, influenciar na capacidade de dispersão do parasitoide. Tais características podem ser como os infoquímicos utilizados pelo parasitoide na localização do habitat do hospedeiro a longas distâncias e estímulos visuais a curtas distâncias (VAN ALPHEN; JERVIS, 1996). Embora a direção do vento não tenha sido verificada neste estudo, este fator e a luz solar podem ter guiado os parasitoides nesta direção. De acordo com Silva (2007) e Canto-Silva et al. (2006) o vento é um agente regulador de dispersão no campo, pois a dispersão passiva é controlada por ele.

No presente trabalho, os parâmetros de dispersão (DM e  $S^2$ ) não foram correlacionados às condições climáticas da região. A influência desses fatores foi avaliada somente para os índices de parasitismo. No entanto, não foi observada correlação significativa entre os índices de parasitismo e as variáveis climáticas. Neste caso a diferença nas áreas de dispersão pode ter sido influenciada pelo comportamento de busca da linhagem do parasitoide liberado, já que não houve grandes mudanças climáticas durante o período de estudo. Segundo Hassan (1988), essas diferenças variam em relação à sua preferência por hospedeiros, culturas (reconhecimento e aceitação), ao comportamento de busca (localização do hábitat e hospedeiro) e a tolerância às condições ambientais.

Camargos (2010) não observou correlação significativa entre a distância média de dispersão (DM) e a área de dispersão ( $S^2$ ) do parasitoide *D. longicaudata* em cafezal e os fatores abióticos (precipitação, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa). O autor atribuiu a capacidade de dispersão às características biológicas do parasitoide, como sua capacidade de vôo e parasitismo na cultura. Paranhos et al. (2007a) correlacionaram a distância média de dispersão (DM) de *D. longicaudata* em pomar de citros, em Piracicaba, SP, e as variáveis climáticas em diferentes estações do ano. Os autores concluíram que no verão as condições climáticas não afetam a dispersão do parasitoide, sendo a distância média de dispersão e a área de dispersão atingida pelo parasitoide no pomar de citros mais altas no verão do que no inverno.

Coutinho (2012) realizou liberações de *D. longicaudata*, linhagem LC, em região semiárida e constatou correlações moderadas e fracas para as condições climáticas da região sobre a área de dispersão ( $S^2$ ) e distância média (DM) dos parasitoides, não sendo observada nenhuma forte correlação entre os dados, quando os mesmos foram submetidos à correlação de Pearson. Sivinski et al. (1998) verificaram que a temperatura foi o fator climático que melhor se correlacionou com as variações na abundância relativa de *D. longicaudata* e *D. areolatus*. Estes autores acreditam que as temperaturas mais altas favorecem *D. longicaudata* ou que *D. areolatus* tolera temperaturas mais baixas. As estações quentes e chuvosas do ano são mais favoráveis ao crescimento populacional de parasitoides do que as estações frias e secas, correlacionando com precipitações pluviométricas e temperaturas médias mensais (AGUIAR-MENEZES, 2000).

As duas linhagens liberadas foram capazes de se dispersar em todas as direções e parasitar os dois hospedeiros no pomar de goiaba por um período de sete dias. A linhagem LC atingiu a maior área ( $S^2$ ) de dispersão (Tabela 8), entretanto esta se dispersou mais lentamente (Tabela 7) e atuou de forma mais intensa em pontos mais próximos ao local de liberação do

parasitoide. A linhagem LA atingiu uma menor área de dispersão que a linhagem LC (Tabela 8), contudo proporcionou as maiores taxas de parasitismo nos pontos mais distantes após sua liberação, manteve-se parasitando por mais tempo os dois hospedeiros em “unidades de parasitismo” e sobreviveu por mais tempo no pomar de goiaba.

A escolha da linhagem de *D. longicaudata* para controle de moscas-das-frutas deve ser feita com base em fatores como o menor número de indivíduos liberados, de pontos de liberação, e menor número e intervalo entre as liberações. Diante disso, o presente estudo nos leva a recomendar a liberação de *D. longicaudata* linhagem *Anastrepha*, pois demonstrou ser mais vantajoso no campo, uma vez que resulta em altos índices de parasitismo em distâncias mais longas do ponto de liberação e é capaz de sobreviver por mais tempo parasitando moscas-das-frutas no pomar de goiaba. Com base na área de dispersão média obtida para o parasitoide LA (27.368,24 m<sup>2</sup>), recomenda-se que 3.000 parasitoides sejam liberados a cada 2,7 ha em uma área de 15 hectares de goiaba.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos a partir de liberações de *Diachasmimorpha longicaudata* em pomar de goiaba, na região semiárida do Norte de Minas Gerais, conclui-se que:

O parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* criado em *Ceratitis capitata* tem capacidade de parasitar larvas de moscas-das-frutas em “unidades de parasitismo” até a uma distância de 173 m do ponto onde é liberado e atingir uma área de dispersão de até 34.067,17 m<sup>2</sup> em pomar de goiaba no semiárido mineiro;

*Diachasmimorpha longicaudata* tende a se dispersar, após liberado em pomar de goiaba, para a direção leste;

*Diachasmimorpha longicaudata*, independente do hospedeiro que é criado, é capaz de sobreviver e parasitar larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* por pelo menos 360 horas (15 dias) após sua liberação em pomar de goiaba nas condições de semiárido;

A linhagem *Ceratitis* percorreu a maior distância de dispersão em pomar de goiaba.

O parasitoide da linhagem *Anastrepha* mantém índices de parasitismo elevados mesmo em grandes distâncias do ponto de liberação;

O parasitoide da linhagem *Anastrepha* permanece por mais tempo no campo parasitando larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* que os parasitoides da linhagem *Ceratitis*.

## REFERÊNCIAS

- ABLES, J.R.; MCCOMMAS JUNIOR, D.W.; JONES, S.L.; MORRISON, R.K. Effect of cotton plant size, host egg location, and location of parasite release on parasitism by *Trichogramma pretiosum*. **Southwestern Entomologists**, Dallas, TX, v. 5, p. 261-265, 1980.
- AGUIAR-MENEZES, E.L. **Aspectos ecológicos de populações de parasitóides Braconidae (Hymenoptera) de *Anastrepha* spp. Schiner, 1868 (Diptera:Tephritidae) no município de Seropédica, RJ**. 2000. 133 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- 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**, Gainesville, v. 96, n. 2, p. 391-395, 2013.
- ALVARENGA, C.D. **Moscas das frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares de goiaba no Norte de Minas Gerais: biodiversidade, parasitóides e controle biológico**. 2004. 83 p. Tese (Doutorado em Ciências)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- ALVARENGA, C.D.; ALVES, D.A.; SILVA, M.A.; LOPES, E.N.; LOPES, G.N. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares da área urbana no norte de Minas Gerais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 25-31, 2010.
- ALVARENGA, C.D.; DIAS, V.; STUHL, C.; SIVINSKI, J. Contrasting brood-sex ratio flexibility in two opiine (Hymenoptera: Braconidae) Parasitoids of Tephritid (Diptera) fruit flies. **Journal of Insect Behavior**, Heidelberg, p. 1-12, 2015. doi: 10.1007/s10905-015-9532.
- ALVARENGA, C.D.; MATRANGOLO, C.A.; LOPES, G.N.; SILVA, M.A.; LOPES, E.N.; ALVES, D.A.; NASCIMENTO, A.S.; ZUCCHI, R.A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitóides em plantas hospedeiras de três municípios do norte do Estado de Minas Gerais. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 2, p. 195-204, 2009.
- ALVARENGA, C.D.A.; BRITO, E.S.; LOPES, E.N.; SILVA, M.A.; ALVES, D.A.; MATRANGOLO, C.R.; ZUCCHI, R.A. Introdução e recuperação do parasitóide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Asmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 133–135, 2005.
- ANDOW, D.A.; PROKRYM, D.R. Release density, efficiency and disappearance of *Trichogramma nubilale* for control of European corn borer. **Entomophaga**, Paris, v. 36, p. 105-113, 1991.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2014. 136 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2014. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104 p.

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

ARAUJO, E.; JULIATTI, F.C.; FERREIRA, A.D.C.L.; FERNANDES, E.C.; SOUSA, M.M. Eficiência de acetamiprido e etofenproxi no controle de *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), na cultura da mangueira. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 3, p. 99-103, 2013.

BAI, B.; LUCK, R.F.; FORSTER, L.; STEPHENS, B.; JANSSEN, J.A.M. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 64, p. 37-48, 1992.

BARTOŃ, K. **MuMIn**: Multi-Model Inference. R package version 1.15.1. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BÖLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, Alexandria, VA, v. 67, n. 1, p. 1-48, 2015.

BESS, H.A.; VAN DEN BOSCH, R.; HARAMOTO F.H. Fruit fly parasites and their activities in Hawaii. **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society**, Honolulu, HI, v. 17, p. 367-378, 1961.

BIEVER, K.D. Effect of the temperature on the rate of search by *Trichogramma* and its potential application in field releases. **Environmental Entomology**, College Park, v.1, p. 194-197, 1972.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 38, de 14 de outubro de 1999. **Lista de Pragas Quarentenárias A1, A2 e Não Quarentenárias Regulamentadas: Alerta máximo. Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 out. 1999.

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, F.A. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 102, n. 1, p. 1-8, 2012.

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. **Sociological Methods & Research**, London, v. 33, p. 261-304, 2004.

CAMARGOS, M.G; ALVARENGA, C.D.; GIUSTOLIN, T.A.; OLIVEIRA, P.C.C; RABELO, M.M. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) in irrigated coffee plantations in the north of Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, p. 28-37, 2015.

CAMARGOS, M.G. **Moscas frugívoras (Díptera: Tephritoidea) em cafezais irrigados no Norte de Minas Gerais: diversidade e controle biológico**. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

CANAL, N.A.; ZUCCHI, R.A. Parasitoides-Braconidae. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap. 14, p. 119-126.

CANCINO, J.; RUIZ, L.; HENDRICH, S.J.; BLOEM, K. Evaluation of sequential exposure of irradiated hosts to maximize the mass rearing of fruit fly parasitoids. **Biocontrol Science and Technology**, New York, v. 19, p. 95-109, 2009.

CANCINO, J.; VILLALOBOS, P.; DE LA TORRE, S. Changes in the rearing process to improve the quality of mass production of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). In: LEPPLA, N.C.; BLOEM, K.A.; LUCK, R.F. (Ed.). **Quality control for mass-reared arthropods**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2002. p. 74-82.

CANTO-SILVA, C.R.; KOLBERG, R.; ROMANOWSKI, H.P.; REDAELLI, L.R. Dispersal of the egg parasitoid *Gryon gallardoi* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) in tobacco crops. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 1A, p. 9-17, 2006.

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

\_\_\_\_\_. **Monitoramento de parasitóides nativos e de tefritídeos antes da liberação de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) no Submédio São Francisco**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 6p. (Comunicado Técnico, 100).

CARVALHO, R.S.; NASCIMENTO, A.S. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap.10, p. 165-179.

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 Editora, 2000. Cap. 9, p. 113-117.

CHAU, A.; MACKAUER, M. Preference of the aphid parasitoid *Monoctomus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) for different aphid species: female choice and offspring survival. **Biological Control**, San Diego, v. 20, p. 30-38, 2001.

CLAUSEN, C.P.; CLANCY, D.W.; CHOCK, Q.C. Biological control of fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 49, n. 2, p. 176-178, 1956.

CRAWLEY, M.J. **The R Book**. New York: Wiley & Sons, 2007. 942p.

CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P. Biology of *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared in vitro and in vivo. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 89, n. 6, p. 828-834, 1996.

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.

DOBZHANSKY, T. Active dispersal and passive transport in *Drosophila*. **Evolution**, St. Louis, v. 27, p. 556-575, 1973.

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

DUAN, J.J.; MESSING, R.H. Host specificity of *Diachasmimorpha kraussii* (Hymenoptera: Braconidae), a newly introduced Opiine fruit fly parasitoid with four nontarget tephritids in Hawaii. **Biological Control**, San Diego, v.19, p. 28-34, 2000.

EBEN, A.; BENREY, B.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Host species and host plant effects on performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, p. 87-94, 2000.

EDWARDS, P.J.; WRATTEN, S.D. **Ecologia das interações entre insetos e plantas.** São Paulo: EDUSP, 1981. v. 27, 71 p.

FISHER, R.A. **The genetical theory of natural selection.** Oxford: Oxford University Press, 1930. 269 p.

GARCIA, F.R.M.; RICALDE, M.P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, Basel, v. 4, p. 55-70, 2012.

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

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids behavioral and evolutionary ecology.** New Jersey: Princeton University Press, 1994. 474p.

GODOY, M.J.S.; PACHECO, W.S.P.; MALAVASI, A. Moscas-das-frutas quarentenárias para o Brasil. In: SILVA, R.A.; LEMOS, W.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais.** Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 111-131.

GONZÁLEZ, P.I.; MOTOYA, P.; LACHAUD-PEREZ, G.; CANCINO, J.; LIEDO, P. Superparasitism in mass reared *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, San Diego, v. 40, p. 320-326, 2007.

GREANY, P.; TUMLINSON, J.; CHAMBERS, D.; BOUSCH, G. Chemically mediated host finding by *Biosteres* [*Opius*] *longicaudatus*, a parasitoid of tephritid fruit fly larvae. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 3, p. 189-195, 1977.

GUIMARÃES, J. A.; DIAZ, N. B.; GALLARDO, F. E., ZUCCHI, R. A. Eucoilinae especies (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitoids of fruit-infesting dipterous larvae in Brazil: identify, geographical distribution and host associations. **Zootaxa**, Auckland, v.278, p. 1-23, 2003.

HAMILTON, W.D. Extraordinary sex ratios. **Science**, Washington, DC, v. 156, p. 477-488, 1967.

HASSAN, S.A.; KOLHER, E.; ROST, W.M. Mass production and utilization of *Trichogramma*: Control of the codling moth, *Cydia pomonella* and the summer fruit tortrix moth *Adoxophyes orana* (Lep.: Tortricidae). **Entomophaga**, Paris, v. 33, p. 413-420, 1988.

HEGAZI, E.; KHAFAGI, W.; HERZ, A.; KONSTANTOPOULOU, M.; AGAMY, S. H. E.; ATWA, A.; SHWEIL, S. Dispersal and field progeny production of *Trichogramma* species released in an olive orchard in Egypt. **BioControl**, Dordrecht, v. 57, p. 481-492, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA -INMET. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

JAMMALAMADAKA, S.R.; SENGUPTA, A. **Topics in circular Statistics**. Singapore: World Scientific Publishing, 2001. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=sKqWMGqQXQkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=JAMMALAMADAKA,+S.+R.%3B+SENGUPTA,+A.+Topics+in+circular+Statistics,+World+Scientific,+2001&ots=f4I8PrWu hL&sig=7\\_i6P5NglbIjq0mto9dGu\\_lpEhw#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=sKqWMGqQXQkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=JAMMALAMADAKA,+S.+R.%3B+SENGUPTA,+A.+Topics+in+circular+Statistics,+World+Scientific,+2001&ots=f4I8PrWu hL&sig=7_i6P5NglbIjq0mto9dGu_lpEhw#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 17 ago. 2015.

JIRÓN, L.F.; MEXZON, R.G. Parasitoid hymenopterans of Costa Rica: Geographical distribution of the species associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Entomophaga**, Paris, v. 34, p. 53-60, 1989.

KNIPLING, F.E. **Principles of insect parasitism analyzed from new perspectives**. Washington, DC: USDA, ARS, 1992. p. 1-159. (Agriculture Handbook, 693).

LAWRENCE, P.O. Ecdysteroid titres and integument changes in superparasitized puparia of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 34, n. 7, p. 603-608, 1988.

LAWRENCE, P.O.; MATOS, L.F. Transmission of the *Diachasmimorpha longicaudata* rhabdovirus (DIRhV) to wasp offspring: an ultra structural analysis. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 51, n. 2, p. 235-241, 2005.

LEAL, R.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; LIMA FILHO, M.; RIBEIRO, J.C.R.; MENEZES, E.B. Capacidade de sobrevivência e dispersão de *Diachasmimorpha longicaudata*, um parasitoide exótico de larva de moscas-das-frutas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 33p.

LEYVA, J.L.; BROWNING, H.W.; GILSTRAP, F.E. Effect of host fruit species, size and color on parasitization of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 20, n. 5, p. 1469-1474, 1991.

LIQUIDO, N.J.; SHINODA, L.A.; CUNNINGHAM, R.T. **Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae):** an annotated world review. Lanham: Entomological Society of America, 1991. 52 p.

LOPES, J.R.S. **Estudos bioetológicos de *Trichogramma galloi* (Zucchi, 1988) (Hym. Trichogrammatidae) para controle de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep., Pyralidae).** 1988. 141 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

LÓPEZ, O.P.; HÉNAUT, Y.; CANCINO, J.; LANBIM, M.; CRUZ-LÓPEZ, L.; ROJAS, J.C. Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 92, p. 441-449, 2009.

MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Goiaba.** Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000, 374p. (Fruticultura Tropical, 6).

MANSFIELD, S.; MILLS, N.J. A comparison of methodologies for the assessment of host preference of the gregarious egg parasitoid *Trichogramma platneri*. **Biological Control**, San Diego, v. 29, p. 332-340, 2004.

MATRANGOLO, W.J.R.; NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; MELO, E.D.; JESUS, M. Parasitóides de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associados a fruteiras tropicais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, p. 593-603, 1998.

MEIRELLES, R.N.; REDAELLI, L.R.; OURIQUE, C.B. Comparative biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 96, p. 412-418, 2013.

MENDES, P.C.D. **Avaliação populacional de *Ceratitis capitata* (Wied.) e *Anastrepha* spp. (Schiner) (Diptera: Tephritidae) e seus parasitóides larvais nativos (Hymenoptera: Braconidae e Figitidae) e introduzido *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae).** 2001. 83p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Energia Nuclear da Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

MESSING, R.H.; JANG, E.B. Response of the fruit by parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host-fruit stimuli. **Environmental Entomology**, College Park, v. 21, p. 1189-1195, 1992.

MESSING, R.H.; KLUNGNESS, L.M.; PURCELL, M.; WONG, T.T.Y. Quality control parameters of mass-reared opine parasitoids used in augmentative biological control of Tephritid fruit flies in Hawaii. **Biological Control**, San Diego, v. 3, p. 140-147, 1993.

- MONTOYA, P.; BENREY, B.; BARRERA, J.F.; ZENIL, M.; RUIZ, L.; LIEDO, P. Oviposition behavior and conspecific host discrimination in *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a fruit fly parasitoid. **Biocontrol Science and Technology**, New York, v. 13, p.683–690, 2003.
- 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**, Basel, v. 3, p. 900-911, 2012.
- MONTOYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; CANCINO, J.; BARRERA, J.F.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, San Diego, v. 18, p. 216-224, 2000.
- MONTOYA, P.; CANCINO, J.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P. Host size, superparasitism and sex ratio in mass-reared *Diachasmimorpha longicaudata*, a fruit fly parasitoid. **BioControl**, Dordrecht, v. 56, p. 11–17, 2011.
- MORELLI-DE-ANDRADE, R. **Produção em grande escala do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) em larvas hospedeiras de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) linhagem mutante *tsl-Viena***. 2013. 94 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- MORELLI, R.; PARANHOS, B.J.; COSTA, M.L.Z. Eficiência de Etofenproxi e Acetamiprido no controle de mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em pomar de manga. **BioAssay**, Piracicaba, v. 7, n. 10, 2012. Disponível em: <<http://www.bioassay.org.br/bioassay/article/view/83>>.
- NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; MENDONÇA, M.C.; SOBRINHO, R.B. Pragas e seu controle. In: GENÚ, P.J.C.; PINTO, A.C.Q. (Ed.). **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 279-297.
- NASCIMENTO, J.B. Fatores que afetam a liberação e a eficiência de parasitóides no controle biológico de insetos-praga. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p. 550-570, 2011.
- NORRBOM, A.L.; KORYTKOWSKI, C.A.; ZUCCHI, R.A.; URAMOTO, K.; VENABLE, G.L.; MCCORMICK, J.; DALLWITZ, M.J. ***Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys; version: 31st August 2012**. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/anatox/intro.htm>>. Acesso em: 16 set. 2015.
- OLIVEIRA, J.J.D.; ROCHA, A.C.P.; ALMEIDA, E.S.; NOGUEIRA, C.H.F.; ARAUJO, E.L. Espécies e flutuação populacional de moscas-das-frutas em um pomar comercial de mangueira, no litoral do estado do Ceará. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 222-228, 2009.

OLIVEIRA, P.C.C.; FONSECA, E.D.; ALVARENGA, C.D.; GIUSTOLIN, T.A.; RABELO, M.M.; COUTINHO, C.R. Efeito da idade das larvas de *Ceratitis capitata* (Wied.) sobre a qualidade biológica do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 3, p. 244-249, 2014.

OVRUSKI, S.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. **Integrated Pest Management Reviews**, Heidelberg, v. 5, p. 81-107, 2000.

OVRUSKI, S.M.; COLIN, C.; SORIA, A.; OROÑO, L.; SCHLISERMAN, P. Introducción y establecimiento en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae, Opiinae) para el control biológico de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae, Dacinae) en la Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Buenos Aires, v. 62, p. 49-59, 2003.

OVRUSKI, S.M.; OROÑO, L.E.; SCHLISERMAN, P.; NUÑEZ CAMPERO, S. The effect of four fruit species on the parasitization rate of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae, Trypetinae) by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae, Opiinae) under laboratory rearing conditions. **Biocontrol Science and Technology**, New York, v. 17, p. 1079-1085, 2007.

OVRUSKI, S.M.; BEZDJIAN, L.P.; VAN NIEUWENHOVE, G.A.; ALBORNOZ-MEDINA, P.; SCHLISERMAN, P. Host Preference by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) Reared on Larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 94, p. 195-200, 2011.

PARANHOS, B.A.J.; MENDES, P.C.D.; PAPADOPOULOS, N.T.; WALDER, J.M.M. Dispersion patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in citrus orchards in southeast Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, New York, v. 17, p. 375-385, 2007a.

PARANHOS, B.A.J.; WALDER, J.M.M.; ALVARENGA, C.D. Parasitismo de larvas da mosca-do-mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 243-246, 2007b.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 125-137.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 271-281, 2004.

PASTORI, P.L.; MONTEIRO, L.B.; BOTTON, M. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em pomar adulto de macieira. **Boletín Sanidad Vegetal - Plagas**, Madrid, v. 34, n. 2, p. 239-245, 2008.

PERUQUETTI, R.C.; DEL LAMA, M.A. Alocação sexual e seleção sexo-dependente para tamanho de corpo em *Trypoxylonro genhoferi* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 47, p. 581-588, 2003.

PINTO, A.S.; PARRA, J.R.P. Liberações de inimigos naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002.p. 325-342.

PRATISSOLI, D.; FORNAZIER, M.J.; HOLTZ, A.M.; GONÇALVES, J.R.; CHIORAMITAL, A.B.; ZAGO, H. Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* em áreas comerciais de tomate, no Espírito Santo, em regiões de diferentes altitudes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 73-76, 2002.

PURCELL, M.F.; JACKSON, C.G.; LONG, J.P.; BATCHELOR, M.A. Influence of guava ripening on parasitism of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), by *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and other parasitoids. **Biological Control**, San Diego, v. 4, p. 396-404, 1994.

R CORE TEAM. **R i386 3.2.2**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

RAGA, A. Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na Citricultura Paulista. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, p. 307-322, 2005.

RENEWICK, J.A.A. Chemical ecology of oviposition in phytophagous insects. **Experientia**, Heidelberg, v. 45, p. 223-228, 1989.

RODRIGUES-BARRETO, N.T. **Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em goiaba e acerola nos Tabuleiros Litorâneos, em Parnaíba, Piauí, Brasil**. 2010. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

ROUSSE, P.; GOURDON, F.; ROUBAUD, M.; CHIROLEU, F.; QUILICI, S. Biotic and abiotic factors affecting the flight activity of *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of fruit fly pests. **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, n. 3, p. 896-903, 2009.

SÁ, L.A.N.; PARRA, J.R.P.; SILVEIRA NETO, S. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para controle de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 em milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 226-231, 1993.

SALLES, L.A.B. Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 21, n. 3, p. 479-486, 1992.

SÁ, L.P. **Parasitismo de linhagens de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), em diferentes espécies de mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae)**. 2015. 59 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2015.

SANCHES, P.A.; COSTA, K.Z.; FAGGIONI, K.M.; MORELLI, R.; COSTA, M.L.Z.; WALDER, J.M.M. Habilidade de voo e longevidade do parasitoide de moscas-das-frutas *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) criado em grande escala em diferentes hospedeiros. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 12.,2011, São Paulo. **Mudanças climáticas e sustentabilidade: quebra de paradigmas; anais**. São Paulo: Instituto Biológico; Sociedade Entomológica do Brasil, 2011. PT.06.70, p. 377.

SANTOS, W.G.N.; FERNANDES, E.C.; ARAUJO, E.L.; FERREIRA, A.D.C.L.; LACERDA FILHO, M.L.B. Moscas-das-frutas em um pomar comercial de mangueira, no litoral do Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2013.

SCHMIDT, J.M. Host recognition and acceptance by *Trichogramma*. In: WAJNBERG, E.; HASSAN,S.A. (Ed.). **Biological control with egg parasitoids**. Wallingford: CAB International, 1994.chap. 9, p. 165-200.

SEGURA, D.F.; VISCARRET, M.M.; OVRUSKI, S.M.; CLADERA, J.L. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host and host-habitat volatile cues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 143, p. 164-176, 2012.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid- *Aphidius ervi* system. **Ecology**, Brooklyn, v. 73, p. 183-189, 1992.

SILVA, C.S.B. **Bioecologia de *Spodoptera frugiperda* e de seus parasitóides de ovos *Telenomus remus*, *Trichogramma atopovirilia* e *T. pretiosum***. 2011. 126 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

\_\_\_\_\_. **Dispersão do parasitóide de ovos *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e sua interação com algumas variáveis ambientais em agroecossistemas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L)**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

SILVA, J.; ESPÍRITO-SANTO, M.; MELO, G. Herbivory on *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae) along a successional gradient in a tropical dry forest.**Arthropod-Plant Interactions**, Heidelberg, v. 6, p. 45-57,2012.

SILVA, J.W.P.; BENTO, J.M.S.; ZUCCHI, A.R. Olfactory response of three parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae) to volatiles of guavas infested or not with fruit fly larvae (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, San Diego, v. 41, p. 304-311, 2007.

SILVA, J.G.; DUTRA, V.S.; SANTOS, M.S.; SILVA, N.M.O.; VIDAL, D.B.; NINK, R.A.; GUIMARAES, J.A.; ARAUJO, E.L. Diversity of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) and associated braconid parasitoids from native and exotic hosts in Southeastern Bahia, Brazil. **Environmental Entomology**, College Park, , v. 39, n. 5, p. 1457-1465, 2010.

SILVA, R.A.; JORDÃO, A.L.; SÁ, L.A.N.; OLIVEIRA, M.R.V. Ocorrência da mosca-da-carambola no estado do Amapá. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 4, n. 7, jun., 2005.

SINGER, M.C. The definition and measurement of oviposition preference in plant-feeding insects. In: MILLER, J.R.; MILLER, T.A. (Ed.). **Insect-plant interactions**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 65-94.

SIVINSKI, J.M.; ALUJA, M.; HOLLER, T.; EITAM, A. Phenological comparison of two braconid parasitoids of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 27, n. 2, p. 360-365, 1998.

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

SIVINSKI, J.M.; CALKINS, C.; BARANOWSKI, R.; HARRIS, D.; BRAMBILA, J.; DIAZ, J.; BURNS, R.; HOLLER, T.; DODSON, G. Suppression of a Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa* (Loew) (Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), **Biological Control**, San Diego, v. 6, p. 177-185, 1996.

STUHL, C.; SIVINSKI, J.; TEAL, P.; PARANHOS, B.; ALUJA, M. A compound produced by frugivorous Tephritidae (Diptera) larvae promotes oviposition behavior by the biological control agent *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 40, p. 727-736, 2011.

SUGAYAMA, R.L. *Anastrepha fraterculus* (Wiedeman) (Diptera: Tephritidae) na região produtora de maçãs do Rio Grande do Sul: relação com seus inimigos naturais e potencial para o controle biológico. 2000. 117 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SUVERKROPP, B.P.; BIGLER, F.; VAN LENTEREN, J.C. Dispersal behaviour of *Trichogramma brassicae* in maize fields. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 62, p. 113-120, 2009.

TURCHIN, P. **Quantitative analysis of movement**: Measuring and modeling population redistribution in animals and plants. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 396p.

VALLE, G.E. **Aspectos biológicos e morfológicos de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) criado em larvas irradiadas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)**. 2006. 85 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VAN ALPHEN, J.J.M.; JERVIS, M. Foraging behavior. In: JERVIS, M.; KIDD, N. (Ed.). **Insect natural enemies**. Chapman & Hall, 1996. 491p.

VAN LENTEREN, J.C. Designing and implementing quality control of beneficial insects: towards more reliable biological pest control. **IOBC/OILB Bulletin**, Antibes, n. 7, p. 67-72, 1993.

VARGAS, R.I.; STARK, J.D.; UCHIDA, G.K.; PURCELL, M. Opiine parasitoid (Hymenoptera: Braconidae) of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) on Kauau Island, Hawaii: Islandwide relative abundance and parasitism rates in wild and orchard guava habitats. **Environmental Entomology**, College Park, v. 22, p. 246-253, 1993.

VINSON, S.B. Host selection by insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 21, p.109-133, 1976.

VINSON, S.B.; IWANTSCH, G.F. Host regulation by insect parasitoids. **Quarterly Review of Biology**, Baltimore, v. 55, 143-165, 1980.

VINSON, S.B. The behavior of parasitoids. In: KERKUT , G.A.; GILBERT, L.I. (Ed.). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. New York: Pergamon Press, 1985. v. 9, p. 417-469.

VINSON, S.B. Host selection by insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 21, p. 109-133, 1976.

VISCARRET, M.M.; ROSSA, R.L.; SEGURA, D.F.; OVRUSKI, S.M.; CLADERA, J.L. Evaluation of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) reared on a genetic sexing strain of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, San Diego, v. 36, p. 147-153, 2006.

WALDER, J.M.M.; LOPES, L.A.; COSTA, M.L.Z.; SESSO, J.N.; TONIN, G.; CARVALHO, M.L.; LARA, P. Criação e liberação do parasitóide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) para controle de moscas-das-frutas no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, p. 149-153, 1995.

WALDER, J.M.M.; SARRIÉS, S.R.V. Introdução do parasitóide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle de moscas-das-frutas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Entomológica do Brasil; ESAL, 1995.

WHARTON, R.A.; YODER, M.J. **Parasitoids of Fruit-Infesting Tephritidae**. 2013. Disponível em: <<http://paroffit.org/public/site/paroffit/home>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

WHITE, I.M.; ELSON-HARRIS, M.M. **Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics**. Melksham, UK: CAB international, 1992. 601 p.

WONG, T.T.Y.; RAMADAN, M.M. Mass reared biology of larval parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opinae) of Tephritidae flies in Hawaii. In: ANDERSON, E.; LEPLA, N.C. (Ed.). **Advances in insect rearing for research and pest management**. Oxford: Westview Press, 1992. p. 405-426.

WONG, T.T.Y.; RAMADAN, M.M.; HERR, J.C.; McINNIS, D.O. Suppression of a Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) population with concurrent parasitoid and sterile fly release in Kula, Maui, Hawaii. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 85, n. 5, p. 1671-1681, 1992.

ZACHRISSON, B.; PARRA, J.R.P. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 em soja, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 133-137, 1998.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**.3. ed.New Jersey: Prentice-Hall International Editions, 1996. 662 p.

ZUCCHI, R.A. **Fruit flies in Brazil: hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Entomologia e Acarologia, 2012. Disponível em: <[www.lea.esalq.usp.br/ceratitidis](http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitidis)>. Acesso em: 02 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Fruit flies in Brazil: *Anastrepha* species their host plants and parasitoids**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Entomologia e Acarologia, 2008. Disponível em: <[www.lea.esalq.usp.br/anastrepha](http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha)> Acesso em: 02 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000a. cap. 1, p. 13-24.

\_\_\_\_\_. Espécies de *Anastrepha*, sinónimas, plantas hospedeiras e parasitóides. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000b. cap. 4, p. 41-48.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A - Informações meteorológicas da estação convencional de Mocambinho, MG.

Tabela 1- Médias mensais de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica obtidas da estação meteorológica convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), localizada em Mocambinho, no município de Jaíba, (MG)

Período de liberações	Umidade relativa (%)	Precipitações pluviiais (mm)	Temperatura máxima média (°C)	Temperatura mínima média (°C)	
2014	26/03 a 09/04	65	138,5	32	21
	15/04 a 30/04	58	0	33	20
	08/05 a 21/05	54	9	32	19
	02/07 a 16/07	54	0	30	17
	23/07 a 06/08	54	0	30	17
	20/08 a 03/09	42	0	33	16
	29/10 a 12/11	44	59,5	34	19
	26/11 a 10/12	62	48	32	20
2015	14/01 a 28/01	45	0	35	19
	24/03 a 07/04	55	14	34	20
	28/04 a 12/05	68	13	33	21